



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta strojní



Mechanismus na dobíjení zásobníku biatlonové pušky ANSCHUTZ 1827F cal. 22LR

Bakalářská práce

Studijní program: B2301 – Strojní inženýrství

Studijní obor: 2301R000 – Strojní inženýrství

Autor práce: **Ondřej Šantora**

Vedoucí práce: doc. Ing. Michal Petruž, Ph.D.





Magazine loading mechanism for biathlon rifle Anschutz 1827F cal. 22LR

Bachelor thesis

Study programme: B2301 – Mechanical Engineering
Study branch: 2301R000 – Mechanical Engineering
Author: **Ondřej Šantora**
Supervisor: doc. Ing. Michal Petrů, Ph.D.



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Ondřej Šantora**
Osobní číslo: **S15000188**
Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Strojní inženýrství**
Název tématu: **Mechanismus na dobíjení zásobníku biatlonové pušky
ANSCHUTZ 1827F cal. 22LR**
Zadávací katedra: **Katedra částí a mechanismů strojů**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Navrhnout a vypracovat nové konstrukční řešení mechanismu pro dobíjení biatlonových zásobníků pro pušku Anschütz 1827 F cal. 22LR, kterou využívá Česká reprezentace. Řešení bude vycházet z návrhu koncepčních řešení mechanismů dobíjení, provedení pevnostních výpočtů a vyhotovení optimalní varianty prostřednictvím 3D modelu s technickou dokumentací.

Obsah bakalářské práce::

1. Stav techniky (jak je řešen nyní mechanismus dobíjení) u současného provedení biatlonových pušek.
2. Průzkum trhu a rešerše
3. Navrhnout min. 3 koncepty řešení mechanismu dobíjení
4. Provést zatěžující výpočty / simulace (kinematiky, namáhání, životnosti)
5. Vyhotovení 3D modelu a technické dokumentace vybrané varianty mechanismu dobíjení
6. Ekonomické posouzení
7. Závěrečné zhodnocení

Rozsah grafických prací: přílohy dle potřeby
Rozsah pracovní zprávy: 50
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:

- [1] Pešík, L.: Části strojů. 1. díl. Liberec, TU 2005. ISBN 80-7083-938-4
- [2] Pešík, L.: Části strojů. 2. díl. Liberec, TU 2005. ISBN 80-7083-939-2
- [3] Moravec V.: Konstrukce strojů a zařízení 2. čelní ozubená kola. Vysoká škola báňská, Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, 2001, 291 s.
- [4] Mrkvica I.: Současné trendy v obrábění ozubených kol. Vysoká škola báňská, Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, 2011, 120 s.
- [5] Leinveber, J., Vávra, P.: Strojnické tabulky. Albra, Úvaly 2005. ISBN 80-736-01-6
- [6] Bureš M.: Návrh a pevnostní výpočet čelních a kuželových ozubených kol. Skriptum TU Liberec Ediční středisko 2006.
- [7] Normy pro návrh a pevnostní výpočet čelních a kuželových ozubených kol ČSN 014686-4 nebo ČSN ISO 6336-5 (014687) Výpočet únosnosti čelních ozubených kol s přímými a šikmými zuby - několik dílů, nebo ANSI/AGMA 20010B88, 2001-C95 nebo normou 2001-D04, nebo ANSI/AGMA 908-B89.
- [8] Normy pro mezní úchylky a tolerance ozubených kol a soukolí ČSN 014682 nebo novější ČSN ISO 1328-1 Čelní ozubená kola - Soustava přesnosti ISO a ČSN 01 4676 - Ozubená kola - Měření ozubených kol čelních se šikmými zuby.
- [9] Výpočetní programy AutoDESK- Mechsoft, KISS SOFT, MITCALc,
- [10] Databáze knihovny TUL

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Michal Petrů, Ph.D.
Katedra částí a mechanismů strojů

Datum zadání bakalářské práce: 12. února 2018
Termín odevzdání bakalářské práce: 12. srpna 2019

prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld
děkan



prof. Ing. Ladislav Ševčík, CSc.
vedoucí katedry

V Liberci dne 12. února 2018

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem. Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum: 23.7.2018

Podpis:

Anotace

Předložená bakalářská práce se zabývá návrhem konstrukčního řešení pro dobíjení zásobníků biatlonové pušky Anschütz 1827F, která je nejpoužívanější zbraní pro biatlonovou střelbu. V práci je popsán současný stav ručního dobíjení zásobníků a je také proveden průzkum trhu, ze kterého vyplývá, že tento typ produktu žádný z výrobců nenabízí. Dále jsou vypracovány tři koncepty produktu, lišící se velikostí i principem funkce, a z těchto je systémem hodnocení vybrán koncept pro realizaci. Pro tento vybraný koncept jsou dále provedeny výpočty kinematické, dynamické a zatěžující a je pro něj také vypracovaná výkresová dokumentace. Na konci práce je ekonomické zhodnocení produktu a jeho případná rentabilita.

Klíčová slova

konstrukce, mechanismus, výpočet, biatlon, zbraň, zásobník, sport, střelba, náboj

Annotation

Presented bachelor thesis describes design of a mechanism for magazine loading for biathlon rifle Anschütz 1827F which is widely used by biathletes worldwide. Firstly the thesis presents current way how the cartridges are inserted into magazines by hand. Then there is a market research showing that no manufacturer offers loader for this particular magazine. Further three concepts are designed, varying in their function as well as in their dimensions. One of the three concepts was chosen using a methodology of point evaluation for several criteria. For the chosen concept calculations of kinematic, dynamic and strength are presented as well as its technical documentation. Finally the economical aspect of the product is analysed and its profitability is discussed.

Keywords

construction, mechanism, biathlon, rifle, magazine, sport, shooting, cartridge

Poděkování

Chtěl bych tímto poděkovat vedoucímu práce panu doc. Ing. Michalu Petřů, Ph.D. za odborné vedení, přínosné rady, trpělivost a pomoc při psaní mé bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval panu Ing. Josefu Vosáhlovi za podnětné konzultace při zpracování konstrukčního řešení a simulací.

Obsah:

| | |
|--|-----------|
| Přehled použitých značek..... | 10 |
| | |
| 1. Úvod a cíle práce..... | 12 |
| 2. Stav techniky..... | 13 |
| 2.1 Biatlon a zbraně v něm používané..... | 13 |
| 2.1.1 Stručné představení biatlonu..... | 13 |
| 2.1.2 Zbraně užívané v biatlonu..... | 13 |
| 2.1.3 Malorážní náboj..... | 15 |
| 2.2 Orientace nábojů..... | 16 |
| 2.3 Biatlonový zásobník a jeho manuální dobíjení..... | 16 |
| 3. Průzkum trhu a řešerše..... | 18 |
| 3.1 Systémy využívající stlačení pružiny před vložením nábojů..... | 18 |
| 3.2 Systémy s postupným překonáváním odporu zásobníkové pružiny..... | 19 |
| 3.2.1 Mechanismy využívající k dobíjení rotačního pohybu..... | 19 |
| 3.3 Celkové zhodnocení průzkumu trhu..... | 20 |
| 4. Návrh konceptů dobíjecího mechanismu..... | 21 |
| 4.1 Koncept č. 1..... | 21 |
| 4.1.1 Vložení nábojů do konceptu 1..... | 21 |
| 4.1.2 Vložení zásobníku do konceptu č. 1..... | 22 |
| 4.1.3 Princip funkce konceptu č. 1..... | 23 |
| 4.1.4 Zhodnocení konceptu č. 1..... | 24 |
| 4.2 Koncept č. 2..... | 24 |
| 4.2.1 Vložení a orientace nábojů..... | 24 |
| 4.2.2 Princip funkce dobíjecího mechanismu konceptu č. 2..... | 25 |
| 4.2.3 Zhodnocení konceptu č. 2..... | 27 |
| 4.3 Koncept č. 3..... | 28 |
| 4.3.1 Vložení nábojů a jejich orientace..... | 28 |
| 4.3.2 Funkce dobíjecího mechanismu..... | 30 |
| 4.4 Koncept č. 4..... | 32 |

| | |
|---|-----------|
| 4.4.1 Orientace nábojů v konceptu č. 4..... | 32 |
| 4.4.2 Funkce konceptu 4..... | 32 |
| 4.4.3 Zhodnocení konceptu 4..... | 33 |
| 4.5 Výběr konceptu ke konstrukčnímu řešení..... | 34 |
| 4.5.1 Metodika hodnocení konceptů..... | 34 |
| 4.5.2 Hodnocení konceptů..... | 35 |
| 4.5.2.1 Hodnocení konceptu č. 1..... | 35 |
| 4.5.2.2 Hodnocení konceptu č. 2..... | 35 |
| 4.5.2.3 Hodnocení konceptu č. 3..... | 35 |
| 4.5.2.4 Hodnocení konceptu č. 4..... | 36 |
| 5. Konstrukční návrh mechanismu na dobíjení zásobníku..... | 37 |
| 5.1 Geometrie předzásobníku..... | 37 |
| 5.2 Návrh zkrutné pružiny..... | 38 |
| 5.3 Výpočet kinematiky mechanismu dobíjení..... | 41 |
| 5.4 Dynamická simulace mechanismu zasunutí náboje do zásobníku..... | 42 |
| 5.5 Pevnostní simulace kohoutku..... | 45 |
| 5.6 3D model konstrukčního návrhu..... | 47 |
| 6. Ekonomické zhodnocení..... | 49 |
| 6.1 Zhodnocení z hlediska použitého materiálu..... | 49 |
| 6.2 Zhodnocení z hlediska výrobní technologie a cen dílů..... | 49 |
| 6.3 Zhodnocení z hlediska prodejnosti výrobku v ČR a zahraničí..... | 51 |
| 6.4 Návrh nacenění a strategie prodeje, propagace..... | 52 |
| 6.5 Porovnání ceny s podobnými výrobky..... | 52 |
| 7. Závěrečné zhodnocení..... | 53 |
| Seznam obrázků..... | 54 |
| Použitá literatura..... | 56 |
| Použitý software..... | 56 |
| Zdroje obrázků..... | 57 |
| Seznam příloh..... | 58 |

Přehled použitých značek:

| Značky použité pro výpočet drážky konceptu 3 | | |
|--|--------------------------------|----------|
| Značka | Název | Jednotka |
| L | Celková délka drážky | [mm] |
| a | Šířka drážky | [mm] |
| h | Stoupání jednoho úseku drážky | [mm] |
| φ | Úhel stoupání drážky | [°] |
| l | Délka jednoho úseku drážky | [mm] |
| n | Počet šikmých úseků | [-] |
| H | Celková výška plochy s drážkou | [mm] |

| Značky použité pro výpočet zkrutné pružiny | | |
|--|-------------------------------------|----------|
| Značka | Název | Jednotka |
| l_1 | Délka páky na straně zásobníku | [mm] |
| l_2 | Délka páky na straně pružiny | [mm] |
| p_1 | Délka volného konce pružiny u páky | [mm] |
| α | Úhel volného konce pružiny | [°] |
| F_{pp} | Síla od pružiny na páku | [N] |
| F_{pk} | Složka síly od pružiny kolmá k páce | [N] |
| F_Z | Síla na zásobník | [N] |
| $k_{\varphi p}$ | Požadovaná zkrutná tuhost pružiny | [Nm/rad] |
| F_8 | Maximální síla od pružiny | [N] |
| k_{φ} | Zkrutná tuhost pružiny | [Nm/rad] |
| E | Modul pružnosti v tahu | [GPa] |
| d | Průměr drátu pružiny | [mm] |
| D | Vnější průměr pružiny | [mm] |
| n | Počet závitů pružiny | [-] |
| φ_1 | Předpětí pružiny | [rad] |
| φ_8 | Maximální zkrut pružiny | [rad] |
| F_{zmax} | Maximální síla na zásobník | [N] |

| Značky použité pro výpočet kinematiky mechanismu dobíjení | | |
|--|---|------------------------|
| Značka | Název | Jednotka |
| φ | Úhlová dráha | [rad] |
| T | Čas k dobití jednoho náboje | [s] |
| ε | Úhlové zrychlení | [rad.s ⁻²] |
| t_z | Doba zrychleného pohybu | [s] |
| ω | Úhlová rychlost | [rad.s ⁻¹] |
| ω_{\max} | Maximální úhlová rychlost | [rad.s ⁻¹] |
| v_v | Maximální rychlost výběžku kohoutu | [m.s ⁻¹] |
| r_v | Vzdálenost vrcholu výběžku od osy otáčení | [mm] |

1. Úvod a cíle práce

Střelné zbraně, jejichž konstrukce se vyvíjí již dlouhá staletí, se v dnešní době podle své funkce dělí na jednoranné, opakovací, samonabíjecí a automatické. Kromě jednoranných je nezbytnou součástí každé zbraně zásobník, který slouží ke skladování nábojů a jejich podávání do nábojové komory. Náboje je ovšem potřeba předtím do něj vložit. Právě ulehčením a mechanizováním tohoto procesu se zabývá tato práce. Konkrétně je systém zkoumán a navrhován pro opakovací malorážku *Anschütz 1827F* používanou pro biatlonovou střelbu.

Cílem práce je tedy navrhnout a vypracovat konstrukční řešení mechanismu pro dobíjení zásobníků biatlonové pušky *Anschütz 1827F cal. 22LR*. Dílčí cíle práce jsou rozděleny do následujících kapitol:

1. Úvod
2. Stav techniky – seznámení s problematikou v širším kontextu
3. Průzkum trhu a rešerše – zhodnocení již existujících podobných zařízení
4. Návrh konceptů – představení tří konceptů a výběr nejvhodnějšího z nich
5. Konstrukční návrh mechanismu
6. Ekonomické zhodnocení – analýza finanční stránky produktu, rentability
7. Závěrečné zhodnocení – shrnutí práce, možnosti realizace produktu

2. Stav techniky

2.1 Biatlon a zbraně v něm používané

2.1.1 Stručné představení biatlonu

Biatlon je zimní sport kombinující běžecké lyžování a střelbu z malorážní zbraně kalibru .22 LR. Do současné podoby se vyvíjí od svého vzniku na počátku minulého století, postupně byly velkorážné zbraně nahrazeny malorážkami, přibýly disciplíny (až na současných 8) i národy pravidelně se účastníci vrcholných soutěží v biatlonu. Těmi jsou zejména Olympijské hry, jejichž součástí je biatlon od roku 1924 a Mistrovství světa v biatlonu pořádané od roku 1958. Dlouhodobě nejúspěšnějšími národy na biatlonové scéně jsou severané (Norsko, Švédsko a Finsko), dále pak Alpské země (Německo, Rakousko, Francie, Slovinsko a Itálie), země východní Evropy (Rusko, Bělorusko, Ukrajina, Slovensko a Česko), za zmínku stojí i zámořské Spojené státy a Kanada.

V individuálních disciplínách jezdí muži tratě od 10 do 20 km, ženy od 7,5 do 15 km a střílí od dvou do čtyř položek, každou po pěti nábojích, to znamená, že za závod vystřelí od deseti do dvaceti nábojů. Vždy polovina položek se střílí vleže na terč o průměru 45 mm a druhá polovina položek v poloze vstoje na terč o průměru 115 mm, přičemž se pokaždé střílí na vzdálenost 50 m.



Obrázek 2.1 – Biatlonista při závodě [18]

2.1.2 Zbraně užívané v biatlonu

Pro účely biatlonu jsou používány malorážní opakovací zbraně ráže .22 LR, přičemž zdaleka nejpoužívanějším typem je model 1827 F německého výrobce *Anschütz*, pro

jehož zásobníky je v této práci navrhován systém dobíjení. V menší míře, zejména biatlonisty z východní Evropy, jsou používány také zbraně *Izmash BI-7-4*, které jsou vyráběny ruským koncernem *Kalašnikov*.

Biatlonová zbraň se skládá ze dvou součástí – jednou je hlaveň (jinak nazývaná *lauf* či *železo*) a druhou je pažba, kterou si většina závodníků nechává vyrábět na míru, zpravidla z lipového, ořechového či olšového dřeva, ale v poslední době také z uhlíkového kompozitu. V pažbě jsou vyhloubeny čtyři otvory, ve kterých jsou uloženy zásobníky, zajištěné proti vypadnutí listovou pružinou či magnetem.



Obrázek 2.2 - Biatlonová puška Anschütz 1827 F [19]

Dle pravidel biatlonu si musí závodník svou zbraň nést na zádech po celou dobu závodu, k tomuto účelu je proto vybavena nosnými řemeny, podobnými řemenům k batohu. Dalším pravidlem vztahujícím se k malorážce je, že její hmotnost nesmí být bez zásobníků menší než 3,5 kg a také že odpor spouště musí být, zejména z důvodu bezpečnosti, větší než 500 g (tzn. při závěsu závaží o hmotnosti rovné či menší 500 g na kohoutek spouště nesmí dojít k uvolnění spoušťového mechanismu). Hlaveň malorážky má drážkovaný vývrt, aby vystřelený projektil držel lépe svůj přímočarý směr – spirálovitý vývrt roztočí projektil kolem osy rovnoběžné se směrem letu, a ten je poté méně náchylný ke změně směru například působením vlivu větru.

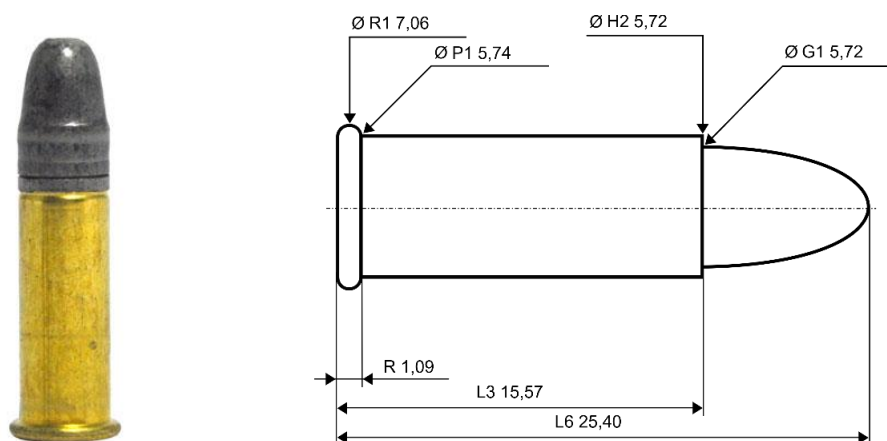


Obrázek 2.3 - Drážkovaný vývrt hlavně [20]

2.1.3 Malorážní náboj

Malorážní náboj se skládá ze dvou částí, z olověného projektilu majícího přední část (ve směru letu kulky) ve tvaru rotačního paraboloidu a zadní část tvořenou válcem, jehož zcela zadní část je zúžena a vlisována do nábojnice. Ta je vyrobena z mosazi, má válcový tvar a v zadní části je opatřena lemem, který slouží k přesné lokaci náboje při zasunutí do hlavně před výstřelem – hlaveň má průměr přesně odpovídající průměru válcové části kulky a nábojnice, kdežto lem má průměr o ca. 0.5 mm větší, a tak se při zavření závěru pušky a zatlačení do hlavně zastaví náboj vždy ve stejné poloze.

Do dna náboje opatřeného lemlem po stisknutí spouště vrazí tzv. *úderník*. To způsobí vznícení zápalného štítku umístěného na dně uvnitř nábojnice, což vyvolá vznícení střelného prachu v nábojnici a uvolnění jeho chemické energie, která se transformuje v kinetickou energii projektilu. Ten následně opouští hlaveň tzv. ústřovou rychlostí zpravidla 320 m/s (přibližně rychlostí zvuku ve vzduchu). Po vystřelení rány je závěr manuálně otevřen, přičemž použitá nábojnice je vyhozena pomocí dvou zobáčků, uchopujících její lem a při následném zavření závěru je do hlavně vtlačen ze zásobníku další náboj a celý proces se opakuje.



Obrázek 2.4 - Náboj a jeho geometrie [25]

Pro účely biatlonu jsou používány nejvíce náboje vyráběné finsko-německým koncernem *Lapua* (*Nammo Lapua Oy* and *Nammo Schönebeck*), zejména pak typ malorážního náboje *Polar Biathlon* vyvinutý přímo pro biatlon. To znamená především s ohledem na přesnost za nízkých teplot a nepříznivých povětrnostních podmínek, na které nejsou náboje určené pro sportovní střelbu dimenzovány, protože ta se provozuje

většinou na krytých střelnicích. Dalšími výrobci, jejichž náboje se používají, je například britský *Eley* anebo český *Sellier & Bellot*.

2.2 Orientace nábojů

Předpokladem rychlého dobití nábojů do zásobníku (či zásobníků) s využitím pomocného mechanismu, bude vždy jejich efektivní přenesení z krabičky, kde jsou uloženy dle *obr. 2.5*, do samotného dobíjecího zařízení, ve kterém je potřeba mít je vždy orientované jedním určitým směrem, aby bylo možno je zasunout do zásobníku. Tohoto lze dosáhnout několika způsoby – buďto s výhodou využijeme toho, že náboje jsou v krabičce (obsahující 10x5 nábojů) orientovány všechny stejně, ve čtvercové mřížce, projektilem dolů. Je tedy možno náboje z krabičky mírně nadzvednout a následně je nabrat „naběračem“, tak aby zůstaly viset za lemy směrem dolů. Jiným způsobem efektivní orientace nábojů je jejich vsypání do „korýtky“ trojúhelníkového průřezu, opatřené dole drážkou širší, než je průměr náboje, ale naopak užší, než je jeho lem, a následným zatřesením, které způsobí, že náboje svou tíhou, zejména pak tíhou kulky z těžkého olova propadají do drážky, přičemž zůstanou za lem viset a jsou zorientovány a připraveny k nabití do zásobníku.



Obrázek 2.5 – Plastová mřížka pro uložení nábojů v krabičce prázdná / plná

2.3 Biatlonový zásobník a jeho manuální dobíjení

Zásobníky do pušky *Anschütz 1827 F cal. 22LR* se vyrábí ve dvou velikostech, nicméně jejich funkční části jsou shodné, tudíž jsou zásobníky zaměnitelné. Rozdíl je jen v části, za kterou se zásobník uchopuje. „Velký“ zásobník má delší úchyt, a proto se

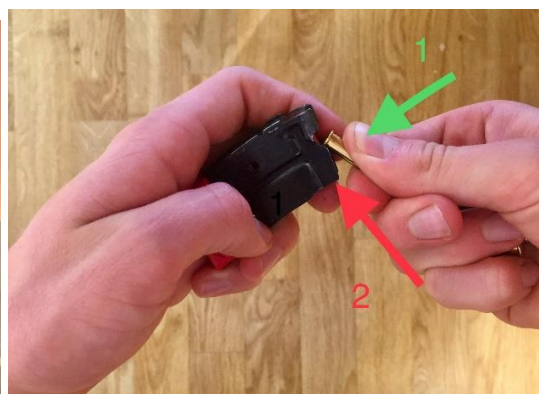
s ním lépe manipuluje, na druhou stranu oproti „malému“ zásobníku je jeho nevýhodou větší hmotnost. Někteří biatlonisté proto dávají přednost velkému a jiní naopak malému zásobníku.

Ačkoliv v současné době již existují některé jednoduché i složitější mechanismy pro dobíjení zásobníků zbraní širokého spektra ráží a velikostí zásobníků, řešení v praxi výrazně usnadňující dobíjení zásobníků biatlonové pušky *Anschütz 1827 F cal. 22LR* zatím na trhu schází. Je to dáno zejména dvěma faktory - jedním z nich je ten, že pro velké výrobce se může zdát trh příliš malý, a proto neperspektivní. Druhým faktorem absence produktu na trhu je to, že většina současně užívaných mechanismů výrazně šetří práci a čas pouze pro větší počty nábojů páskovaných do každého zásobníku – v některých případech se jedná až o desítky nábojů, oproti tomu do biatlonového zásobníku se vkládá vždy jen a pouze pět nábojů. Pro vysvětlení - *páskováním* se rozumí dobíjení nábojů do zásobníku.

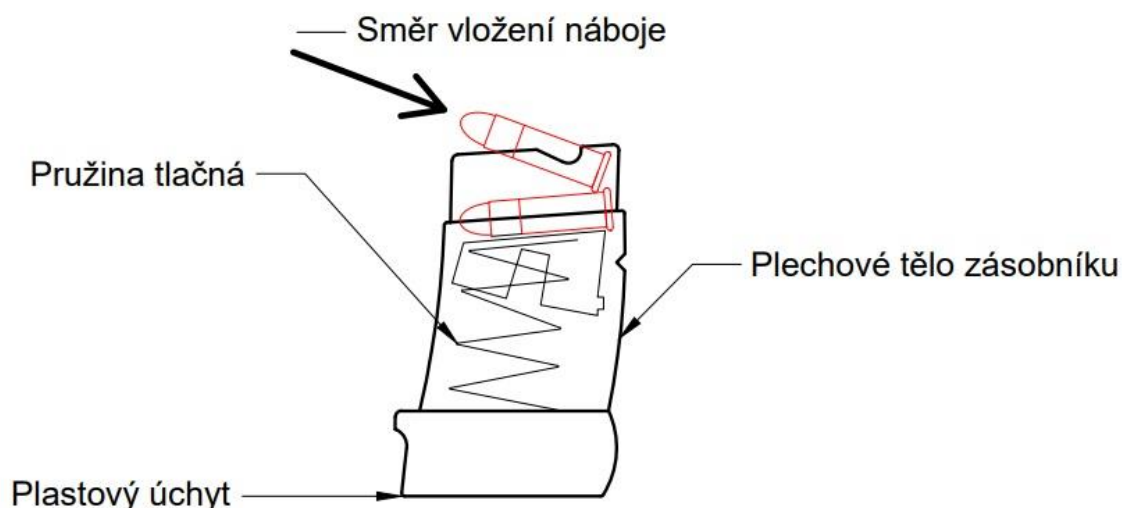
Z výše uvedených důvodů je v současnosti dobíjení zásobníků prováděno ručně, nejdříve vysypáním dvaceti nábojů do ruky (obr. 2.6) a poté vsunováním jednotlivých nábojů do zásobníků (obr. 2.7), dopáskování čtyř zásobníků pak člověku majícímu cvik v této činnosti zabere zhruba 60 sekund, oproti tomu s využitím řešeného mechanismu by bylo možno dostat se na čas odhadem 30 až 40 sekund, což znamená značnou úsporu času až 50 procent. S přihlédnutím k faktu, že jeden sportovec během jednoho tréninku vystřelí průměrně okolo 100 nábojů, někdy pak až 150 nábojů, s tím, že s jedním trenérem v jedné tréninkové skupině může být až 10 sportovců, mohl by pak trenér ušetřit během tréninkové jednotky až okolo 30 minut čistého času, který by poté mohl věnovat jiným činnostem na střelnici, například sledováním střelby svých svěřenců v dalekohledu.



Obrázek 2.6



Obrázek 2.7



Obrázek 2.8 - Schéma zásobníku

Na obr. 2.8 je možno si povšimnout vybrání v pravé stěně zásobníku. To slouží k uchycení zásobníku při vložení do zásobníkové šachty malorážky, a to tak, že do tohoto vybrání zapadne kovový protikus, který je na konci páky. Ta je uložena rotačně v šachtě, se zkrutnou pružinou v ose rotace. Při vyndání zásobníku je tedy potřeba překonat odpor této pružiny. Tohoto principu uchycení je dále využito k uchycení zásobníku do zařízení při tvorbě konceptů některých dobíjecích mechanismů v kapitole č.4.

3.Průzkum trhu a řešerše

3.1. Systémy využívající stlačení pružiny před vložním nábojů

Jak již bylo uvedeno, pomůcky pro páskování různých typů zásobníků střelných zbraní již na trhu existují, ale z různých důvodů nejsou pro biatlonovou pušku použitelné či vhodné. Některé mechanismy jsou řešeny tak, že je před vložním nábojů do zásobníku zmáčknuta pružina, jež slouží v zásobnících k podávání nábojů při přebíjení mezi jednotlivými ranami, a následně náboje napadají do zásobníků pouze vlastní tíhou - takto je řešen například dobíječ *Ultimate Cliploader UCL22 Mag Loader* od amerického výrobce *Tandemkross LLC* (obr. 3.1). Tento princip nelze u biatlonového zásobníku využít z toho důvodu, že není možné pružinu v něm ještě před vložním nábojů zmáčknout do dolní polohy - zásobník totiž nemá, na rozdíl od

některých jiných, ve své boční stěně mezery a není ani možno zmáčknout pružinu shora, otvorem pro vkládání nábojů, jelikož otvor má rozměry jen přesně pro vložení náboje.



Obrázek 3.1 – Dobíječ Ultimate Cliploader UCL22 Mag Loader [21]

3.2 Systémy s postupným překonáváním odporu zásobníkové pružiny

Z výše uvedených důvodů zbývá použít systémy, u kterých bude odpor pružiny překonáván postupně, vždy s jednotlivým nábojem tedy o jednu pětinu celkového zkrácení tlačné pružiny zásobníku. Takováto řešení již na trhu existují, pohon zařízení bývá řešen zpravidla dvěma různými způsoby – buď otáčením madla, anebo opakovaným mačkáním k tomu určené rukojeti.

3.2.1 Mechanismy využívající k dobíjení rotačního pohybu

Otáčivého pohybu k dobíjení je využito například u produktu *Uncle Mikes 50 Round Hot Lips Loader 10/22* (obr. 3.2). U tohoto zařízení jsou náboje vsypány do komory, poté zatřesením popadají do štěrbin, kde zůstanou viset za lemy, a vlastní tíhou padají směrem k dobíjecímu mechanismu v dolní části zařízení. Pohon je zajištěn ručním otáčením madla umístěného zcela vespod. Podobně funguje i zařízení *10/22 Magazine Loader Champion Traps And Targets 40430*.



Obrázek 3.2 – Zařízení Uncle Mikes 50 Round Hot Lips Loader 10/22 [22]

3.3 Celkové zhodnocení průzkumu trhu

Z průzkumu trhu je patrné, že produkty sloužící k usnadnění dobíjení malorážních zásobníků obecně existují, ovšem žádný z nich není pro biatlonové zásobníky pušky *Anschütz 1827F* přímo použitelný. Na druhou stranu jsou tu takové, které alespoň principiálně použitelné jsou, a právě z nich se bude vycházet při návrhu jednotlivých konceptů v kapitole č. 4.

Z průzkumu uživatelských recenzí výše uvedených výrobků vyplývá, že zpravidla největším problémem je, že ačkoliv jsou produkty navrhovány a inzerovány jako univerzální, nemusí vždy univerzálně, tzn. pro všechny malorážní zásobníky fungovat. Někteří uživatelé si v recenzích stěžují, že pro jejich zásobníky nefungují dobíječe zcela spolehlivě, zasekávají se v nich náboje, anebo vůbec neplní svůj účel a jsou tedy nepoužitelné, kdežto jiní uživatelé si ten samý produkt chválí jako zcela spolehlivý. Tento fakt je zřejmě dán tím, že ačkoliv jsou všechny tyto produkty určeny pro stejnou ráži, tedy i pro stejný rozměr nábojů, neznamená to, že budou použitelné pro všechny typy zásobníků, jelikož spektrum malorážních zbraní je velmi široké (malorážní pistole, malorážní zbraně lovecké, pro sportovní střelbu či pro biatlon) a různých modelů zbraní jsou na trhu stovky. Zásobníky pro jednotlivé zbraně se liší zejména v rozměrech – to se u dobíjecích mechanismů zákonitě projeví v uchycení zásobníku, kdy univerzální uchycení nemusí být dostatečně přesné a nemusí vyhovovat každému zásobníku a celý dobíjecí proces pak selhává. Dalším parametrem, ve kterém se jednotlivé zásobníky liší

je úhel, pod kterým je možno do něj náboje dobíjet (viz obr. 2.8 – šipka směr vložení náboje).

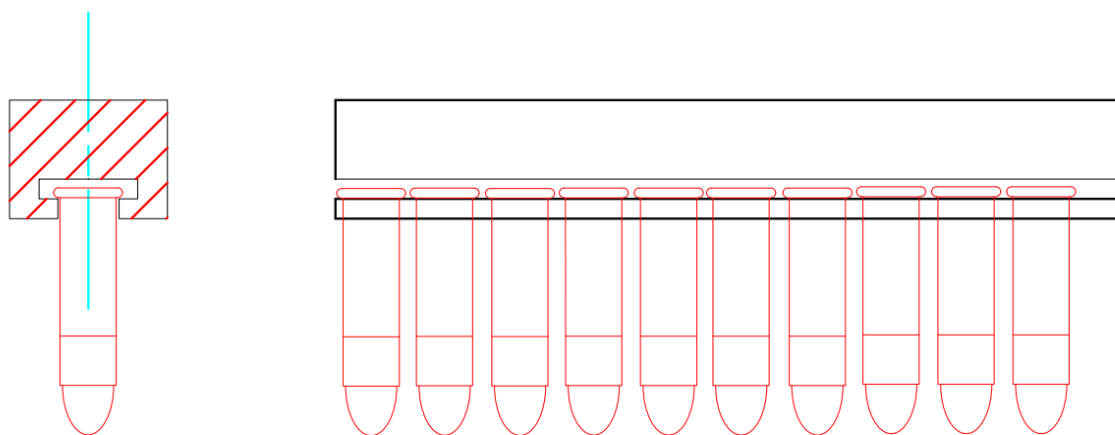
Z výše uvedeného vyplývá, že pro řešený mechanismus bude optimální navrhnout geometrii přesně podle biatlonového zásobníku, jedině tak je možno dosáhnout vyhovující funkčnosti zařízení. Některé principy výše uvedených zařízení se ovšem do konceptů v kapitole 4 promítnou.

4. Návrh konceptů dobíjecího mechanismu

4.1 Koncept č. 1

4.1.1 Vložení nábojů do mechanismu konceptu 1

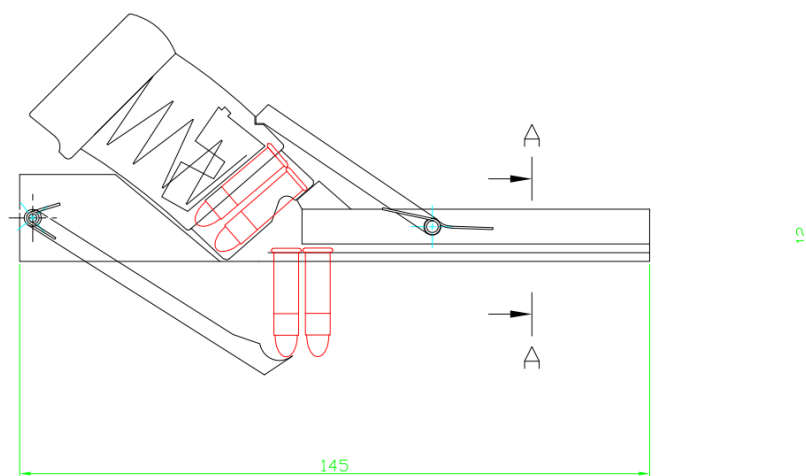
V tomto prvním konceptu je využito skutečnosti, že náboje pro biatlon jsou dodávány vždy v plastové mřížce, kde mají přesně vymezenou polohu a díky tomu se při manipulaci s krabičkou náboje o sebe neotírají. Nedochozí tak ke snížení jejich přesnosti na terči z důvodu opotřebení projektilu, který je k tomuto kvůli malé tvrdosti olova (ca. 4 HB) náchylný. Pro tento návrh je stěžejní využití orientace nábojů v krabičce 5x10 – z důvodu časové úspory je výhodné nabrat do zařízení delší stranu nábojů z obdélníkové krabičky (viz obr. 4.1), tzn. 10 nábojů, případně by zde byla i možnost nabrání dvou a více řad najednou.



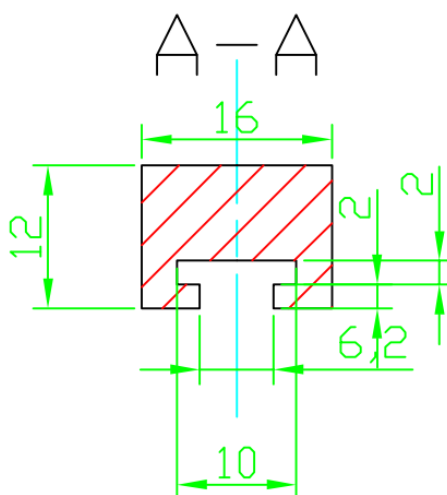
Obrázek 4.1 – Uložení náboje v zařízení

4.1.2 Vložení zásobníku do konceptu č.1

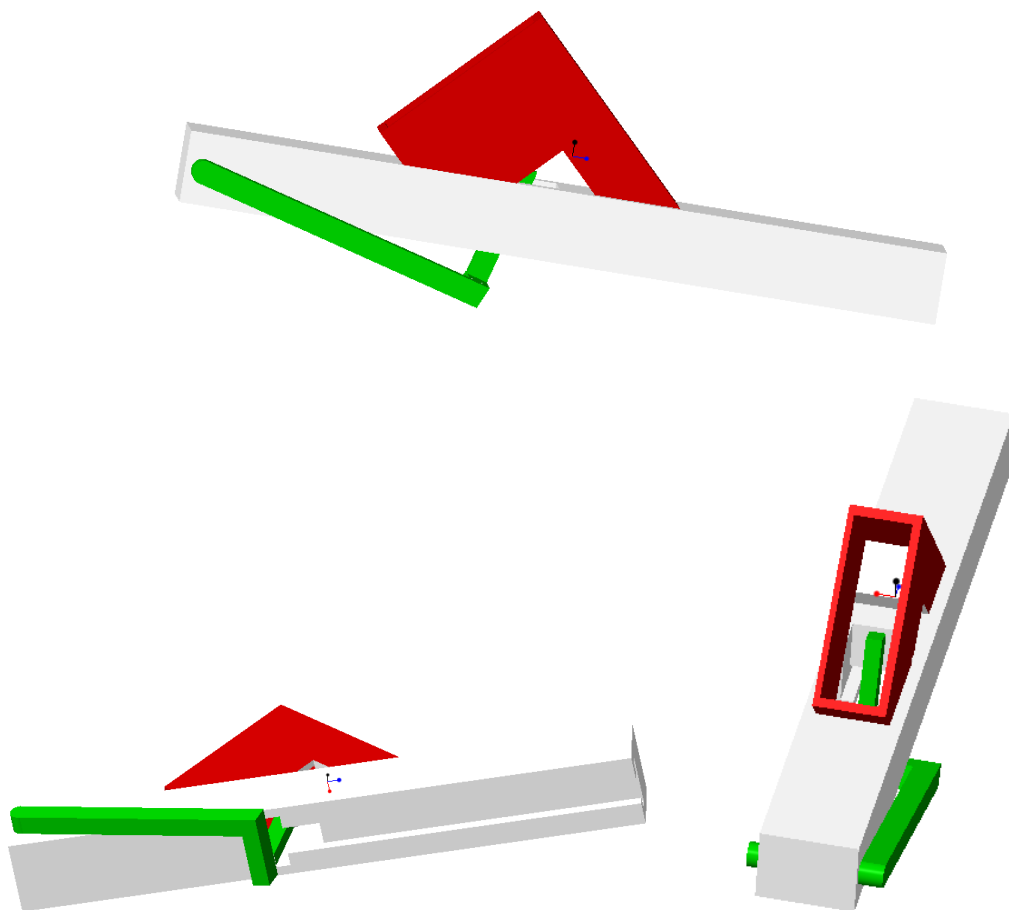
Po nabrání nábojů do zařízení je potřeba ještě vložit do k tomu určenému úchytu prázdný zásobník, který má být dobít. K tomuto účelu lze s výhodou využít dvou vybrání v boční stěně zásobníku (viz popis zásobníků kapitola 2, *obr. 2.8*). Zajištění polohy zásobníku v zařízení je řešeno pákou, rotačně uloženou v těle zařízení, kde je napojena na zkrutnou pružinu, která tlačí zoubky směrem do vybrání. Zásobník je v zařízení zajištěn pomocí zapření jedné jeho hrany o tělo zařízení a v ose kolmé k páce pomocí vedení, podobného zásobníkové šachtě v malorážce.



Obrázek 4.2 - Koncept č. 1 (schéma)



Obrázek 4.3 – Řez částí konceptu č.1 vedoucí náboje směrem k vlastnímu dobýjecímu mechanismu



Obrázek 4.4 - 3D model konceptu č. 1, zeleně zobrazena páka dobíjení, červeně šachta pro zásobník a bílé tělo zařízení

4.1.3 Princip funkce konceptu č.1

Je-li zajištěna poloha nábojů i zásobníku v zařízení č. 1, je možno přistoupit k samotnému dobíjení zásobníku. K tomuto účelu je určena páka na obr. 4.2 dole, která je uložena rotačně. Podobně jako páka sloužící k fixaci zásobníku má v ose rotace zkrutnou pružinu, sloužící k jejímu vrácení do původní polohy po dobití jednoho náboje. Páka má ve svém konci kruhové vybrání, které slouží k zachycení parabolického konce olověného projektilu náboje a jeho následnému zatlačení do zásobníku, které je realizováno stlačením páky. Zařízení pracuje v poloze natočené oproti zobrazení na *obr. 4.2* o pravý úhel proti směru hodinových ručiček, aby náboje vlastní tíhou padaly směrem k páce. Vždy po dobití jednoho náboje se celá řada posune a následně se nabije další náboj. Jak bylo zmíněno výše, je nabírána vždy jedna řada, tzn. 10 nábojů najednou, a tak je možno, bez nutnosti nabrání dalších nábojů, pouze vyměněním zásobníků, nabít dva zásobníky, což povede ke zrychlení celého procesu.

4.1.4 Zhodnocení konceptu č.1

Koncept č. 1 vyniká zejména svou konstrukční i uživatelskou jednoduchostí, tudíž v případě realizace pak i nízkými výrobními náklady a vysokou spolehlivostí. Jeho další výhodou jsou kompaktní rozměry, přičemž jeho nejdelší rozměr jen o málo přesahuje 140 mm.

Koncept je navržen tak, aby k jeho používání stačila pouze jedna ruka, ve které bude zařízení vloženo zásobníkem do dlaně, a to tak, že prsty ruky budou položeny na páce dobíjení a budou ji opakovaně mačkat. To je velice snadno proveditelné i pro uživatele s menší dlaní, jelikož rozměr zařízení i s vloženým zásobníkem v tomto směru je přibližně 80 mm.

Dobíjení tedy bude u tohoto konceptu probíhat jednoduše a tudíž i rychle, ovšem jeho limitujícím faktorem může být malá kapacita pro náboje (pouze 10 ks), a tedy i nutnost po každých dvou nabitých zásobnících opět sahat po krabici a doplňovat do zařízení dalších 10 nábojů, což bude při dobíjení většího počtu zásobníků zdržovat. Tato nevýhoda by byla řešitelná rozšířením zařízení pro kontinuální páskování dvou, případně i čtyř zásobníků najednou, a to tím způsobem, že by došlo k nabrání více řad najednou z krabice a také pevnému spojení všech pák k sobě, které by pak byly mačkány najednou. Tak by na jedno zmáčnutí bylo dobito vždy po jednom náboji do každého ze dvou, resp. čtyř zásobníků. Na druhou stranu by tato úprava měla za následek zvětšení rozměrů celého systému, což je nežádoucí.

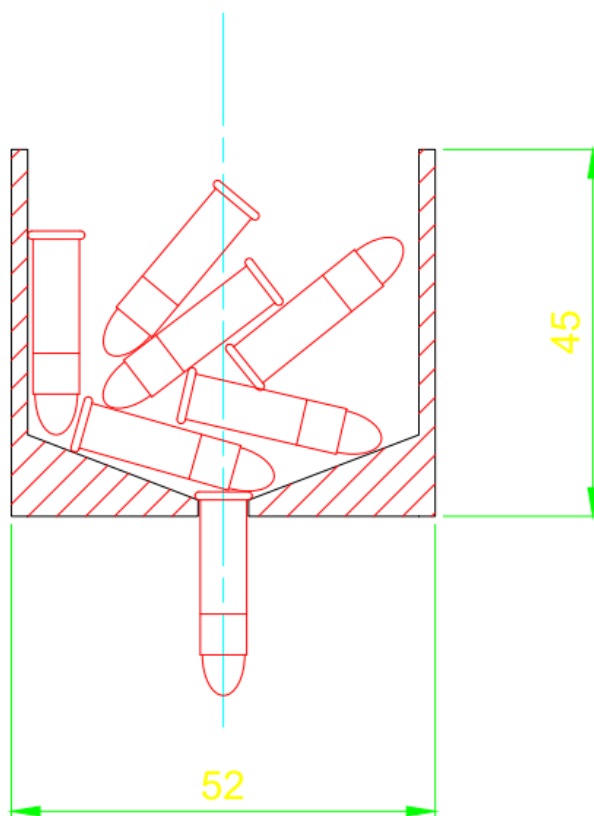
4.2 Koncept č. 2

4.2.1 Vložení a orientace nábojů

U tohoto druhého konceptu nebude na rozdíl od prvního využito jednotné orientace nábojů z krabice. Náboje budou totiž vysypány do „předzásobníku“ jehož funkcí bude kromě skladování nábojů před nabitím také jejich zorientování jednotným směrem. K tomuto lze s výhodou užít jednoduchý princip, jenž je použit např. v zařízení *Ultimate Cliploader UCL22 Mag Loader* v kapitole 3 (viz obr. 3.1), které jak bylo uvedeno, není pro biatlonové zásobníky použitelné, nicméně jeho systém uspořádání nábojů je vyhovující. V zásadě se jedná o dutý kvádr, z horní strany otevřený, který má uprostřed dna, ve směru delší ze stran, drážku o šířce menší, než je průměr náboje, ale větší, než je průměr jeho lemu (odpovídá šířce 6,2 mm). Do této drážky bude náboj

moci zapadnout pouze jediným možným způsobem, a to projektilem dolů, přičemž zůstane viset za lem – tento proces bude evokován zatřesením celým zařízením. Dno bude zkosené z obou stran směrem ke drážce, aby se usnadnil pohyb nábojů do ní. Kapacita předzásobníku je navržena pro cca 50 nábojů, tzn. jednu standardní krabičku. Rozměry krabičky s náboji jsou přibližně 75x26x42 mm, prostor v ní je pro náboje využit téměř beze zbytku, rozměry předzásobníku jsou zvoleny tak, aby byl objem o něco větší než je objem krabičky, aby se do něj 50 nábojů s rezervou vešlo.

Na obr. 4.5 je znázorněn příčný řez předzásobníkem konceptu č. 2, pro představu i s náhodně orientovanými vsypanými náboji, náboj zcela dole je již orientován, visí za lem v k tomu určené drážce.

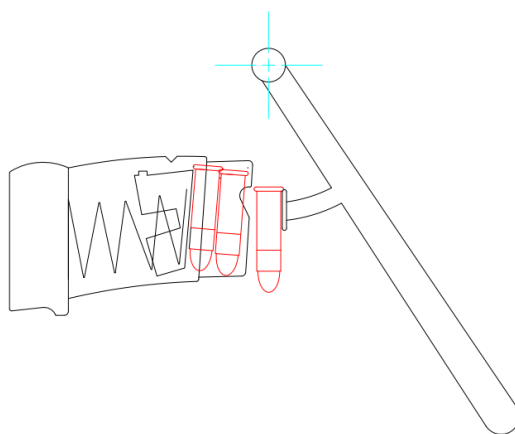


Obrázek 4.5 – Koncept č. 2 (předzásobník)

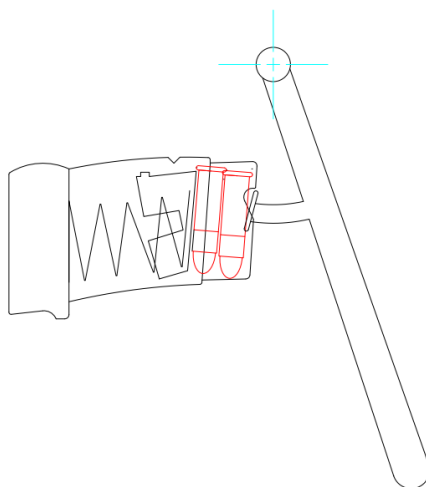
4.2.2 Princip funkce dobíjecího mechanismu konceptu č. 2

Jak je vidno z obr. 4.6, je samotné dobíjení prováděno pomocí pákového mechanismu. Páka je rotačně uložena v těle zařízení a bude napojena na zkrutnou pružinu, která bude vracet páku vždy zpět do původní polohy po nabití jednoho náboje.

Na rozdíl od konceptu 1 není náboj tlačěn pákou ve směru od projektilu, ale je tlačěn přes nábojnici, ve směru kolmém k ose válcové plochy mosazné nábojnice. Jak je zobrazeno na obr. 2.9, jsou k dobití jednoho náboje zapotřebí dva přímočaré pohyby či jeden křivočarý, není možné jej s ohledem na geometrii zásobníku pouze zatlačit kolmo k ose náboje. V konceptu 1 je tento problém vyřešen nakloněním zásobníku o úhel ca. 45° oproti směru pohybu náboje při dobíjení a následně dobitím v podstatě pohybem přímočarým (jedná se tam také o pohyb po kružnici, ale s velkým poloměrem je možno jej aproximovat v podstatě na přímočarý). V tomto druhém konceptu je tento pohyb řešen pohybem po kružnici, okolo osy páky s poloměrem ca. 30 mm, na obrázcích 4.6 a 4.7 je vidět, že náboj je kromě osy horizontální posunut i po ose vertikální, na obrázcích odpovídá pohyb směru nahoru, a tak je zajištěna jeho správná poloha v zásobníku.



Obrázek 4.6 – Schematické zobrazení páky mechanismu před zatlačením náboje do zásobníku

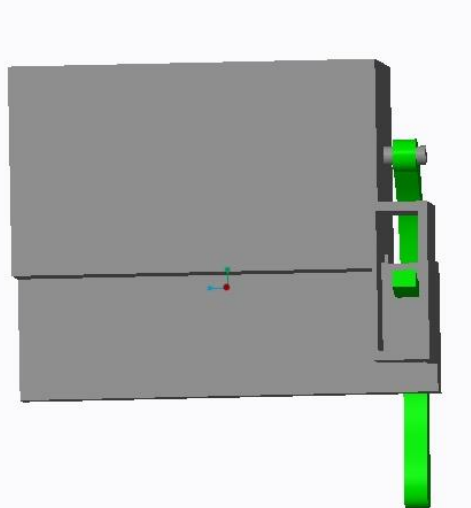
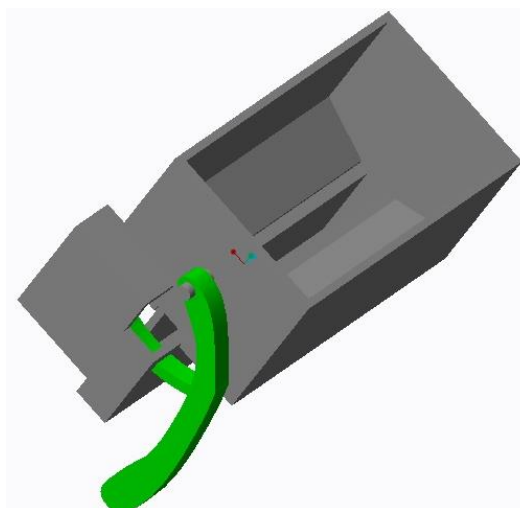


Obrázek 4.7 – Páka mechanismu po zatlačení náboje do zásobníku

Pro celkové vyobrazení konceptu č. 2 je použit 3D model, aby bylo lépe patrné jeho celkové rozvržení a lépe představitelná jeho funkce. Pro vytvoření 3D byl použit software *Creo Parametric 3.0 M050* od výrobce PTC. Pro názornost je pohyblivá páka, kterou je vykonáváno vlastní dobíjení, vyobrazena zelenou barvou.

Uchycení zásobníku v zařízení je principiálně stejné jako u prvního konceptu, tzn. pomocí k tomu určených drážek v zásobníku.

Při používání bude třeba dbát na to, aby se náboje svou tíhou posouvaly směrem k dobíjecímu mechanismu – to znamená, že bude nutné držet zařízení pod úhlem, nakloněné tak, aby konec zařízení s pákou byl níže než jeho konec bez páky, ovšem bude třeba dbát i na to, aby náboje nevypadaly z předzásobníku (proto jsou stěny vyšší než by bylo pro 50 nábojů nezbytně nutné a měla by zde býti dostatečná rezerva).



Obrázek 4.8 – Koncept 2, celkový pohled Obrázek 4.9 – Koncept 2

4.2.3 Zhodnocení konceptu č. 2

Největší výhodou druhého konceptu oproti konceptu prvnímu je to, že má předzásobník pro 50 nábojů oproti 10 nábojům u prvního. To napomůže rychlosti celého procesu dobíjení, nebude totiž nutnost sahat po krabičce a doplňovat náboje vždy po dvou, ale až po deseti dobitých zásobnících. Na druhou stranu zde přibude oproti prvnímu konceptu proces třesení, mající za úkol napadání nábojů do drážky a jejich zorientování. Jak velký problém by toto byl v praxi, by se ukázalo u konstrukčního řešení. Nutno dodat, že náboje jsou dodávány potažené tenkou vrstvou oleje, která by usnadňovala jejich klouzání do drážky. Potenciálním problémem by mohlo být i

zasekávání či vzpříčení náboje v předzásobníku, těmto jevům by se dalo ovšem zabránit optimalizací geometrie předzásobníku u konstrukčního řešení.

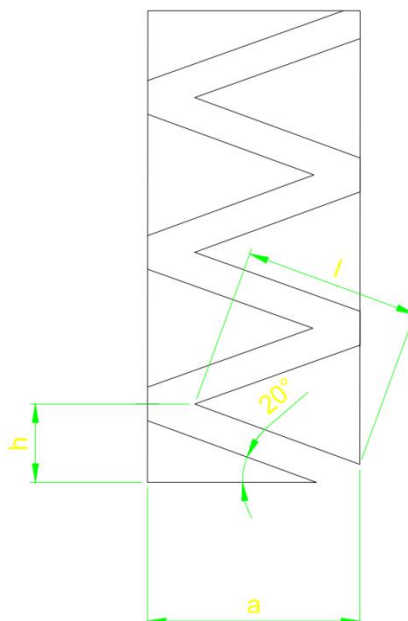
Zařízení je oproti prvnímu konceptu větší svými rozměry, což je určitá daň za větší kapacitu nábojů, která na druhou stranu zrychluje celý dobíjecí proces. Co se týče času potřebného k samotnému dobíjení, bude přibližně stejný jako u prvního konceptu, lze předpokládat, že k dobití jednoho náboje bude třeba času kratšího než jedna sekunda. Jak ovšem již bylo výše uvedeno, bude u tohoto konceptu ušetřen čas nutný k doplnění nábojů, proto se zatím koncept č. 2 jeví jako vhodnější.

4.3 Koncept č. 3

4.3.1 Vložení nábojů a jejich orientace

Orientace nábojů u třetího konceptu se bude lišit od obou předcházejících. Pro tento koncept se vychází z principu funkce zařízení *10/22 Magazine Loader Champion Traps And Targets 40430*, zmíněného v kapitole 3. Je zde, stejně jako u konceptu 2 využito lemu náboje, za který zůstane náboj viset, ovšem s tím rozdílem, že náboje nebudou v předzásobníku nad drážku náhodně poházeny.

Náboje budou vsypány do zařízení, na rovnou plochu, ohraničenou vyvýšenou stěnou, tak aby z ní náboje nepopadaly. V ploše bude drážka, opět širší než je samotná nábojnice, ale užší než je její lem. Drážka bude navinuta po ploše od jedné strany ke druhé v „serpentině“, ve které se budou náboje posouvat, poháněny vlastní tíhou směrem dolů, k samotnému dobíjecímu mechanismu. Drážka musí být dostatečně dlouhá na to, aby se do ní vešlo 50 nábojů.



Obrázek 4.10 – Koncept č. 3 - Návrh drážky pro náboje

Výpočet přibližné celkové délky drážky (rozměry viz obr. 4.10), průměr lemu náboje je 7 mm:

$$L = 50 \cdot 7 \text{ mm} = 350 \text{ mm} \quad [4.1]$$

Šířku a volím 50 mm, úhel stoupání $\varphi = 20^\circ$

$$\tan \varphi = \frac{h}{a} \quad [4.2]$$

$$h = a \cdot \tan \varphi = 50 \text{ mm} \cdot \tan 20^\circ = 18,2 \text{ mm} \quad [4.3]$$

$$\cos \varphi = \frac{a}{l} \quad [4.4]$$

$$l = \frac{a}{\cos \varphi} = \frac{50 \text{ mm}}{\cos 20^\circ} = 53,2 \text{ mm} \quad [4.5]$$

Výpočet počtu šikmých úseků:

$$n = \frac{L}{l} = \frac{350 \text{ mm}}{53,2 \text{ mm}} = 6,6 \quad [4.6]$$

→ volím počet šikmých úseků 6 (3 páry) – s ohledem na to, že náboje, které se do drážky napoprvé nevejdou, tam mohou zapadnout později – poté, co nějaké náboje budou dobity do zásobníku, celá řada se posune a vznikne tak pro ně místo v drážce

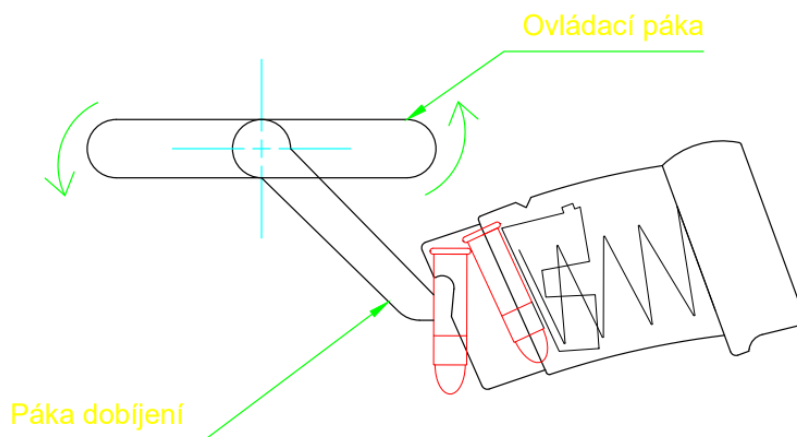
Celková výška plochy s drážkou bude:

$$H = n \cdot h = 6 \cdot 18,2 \text{ mm} = 109 \text{ mm} \quad [4.7]$$

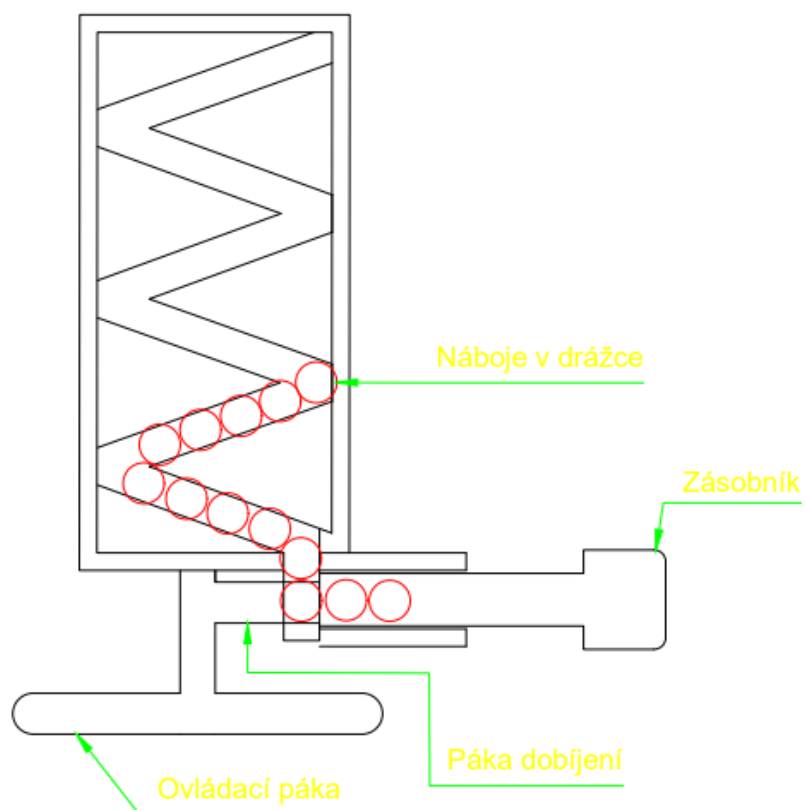
→ celkové rozměry plochy s drážkou $a = 50 \text{ mm}$ a $H = 109 \text{ mm}$ jsou uspokojivé, zařízení bude dostatečně kompaktní (kompletní zařízení již nebude o mnoho větší).

4.3.2 Funkce dobíjecího mechanismu

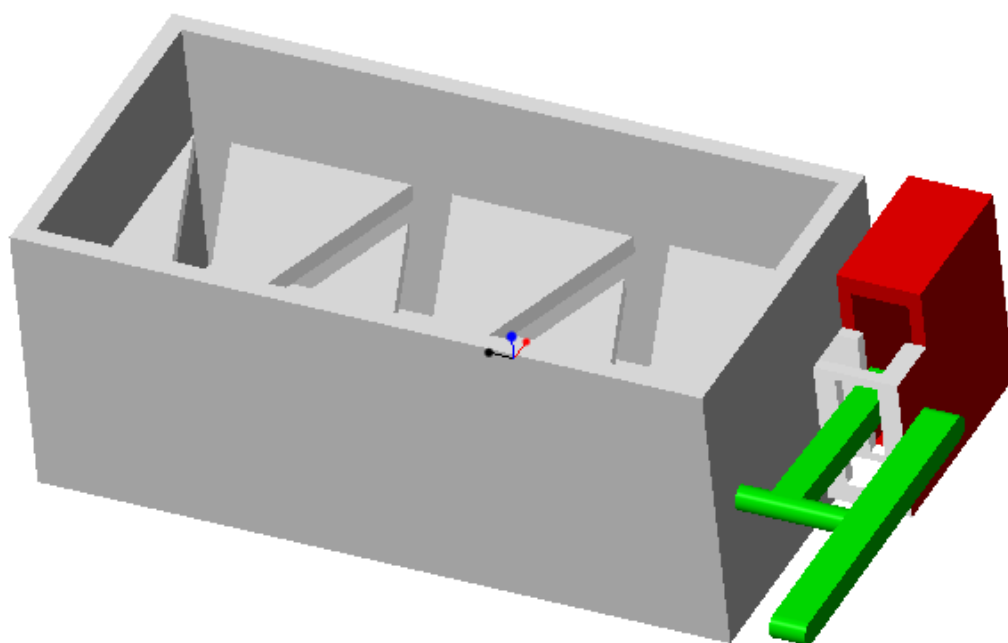
Funkce dobíjecího mechanismu je schematicky naznačena na obr. 4.9, uživatel bude vykonávat pohyb ovládací pákou ve směru šipek, pohyb zpět bude zajištěn opět zkrutnou pružinou. Pohyb se bude přenášet na páku dobíjení (která je na obr. 4.11 „za“ ovládací pákou, uspořádání je lépe zřetelné z obr. 4.12). Pro bezproblémovou funkci bude opět potřeba přesného vedení náboje v drážkách, aby nedocházelo k jejich zasekávání.



Obrázek 4.11 – Znázornění dobíjecího mechanismu konceptu 3



Obrázek 4.12 – Koncept 3, schéma

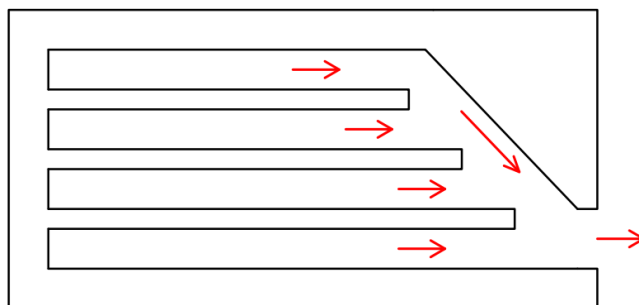


Obrázek 4.13 – Koncept 3, 3D pohled

4.4 Koncept č. 4

4.4.1 Orientace nábojů v konceptu 4

K orientaci nábojů v konceptu č. 4 je opět využito lemu náboje, podobně jako u konceptů 2 a 3. Náboje budou vysypány do předzásobníku, kde budou zapadávat do drážky. Rozdíl oproti předchozím konceptům bude v tom, že drážek bude více vedle sebe (obr. 4.14), a tím pádem bude efektivněji využit prostor předzásobníku. Tyto drážky budou všechny svedeny k výstupu z předzásobníku směrem k dobíjecímu mechanismu. Zařízení bude pracovat nakloněné, tak aby náboje vlastní tíhou padaly směrem k výstupu z předzásobníku, směr pohybu nábojů je naznačen na obr. 4.14 pomocí červených šipek. Délka drážek pro náboje bude navržena tak, aby se jich do nich po vysypání krabičky vešlo přibližně 50.



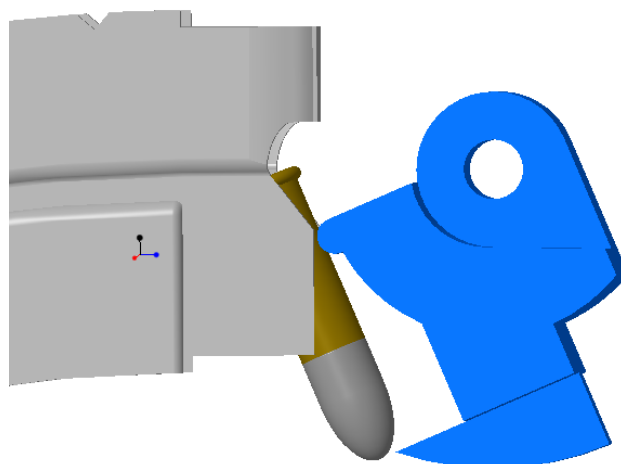
Obrázek 4.14 – Schéma předzásobníku konceptu 4

4.4.2 Funkce konceptu 4

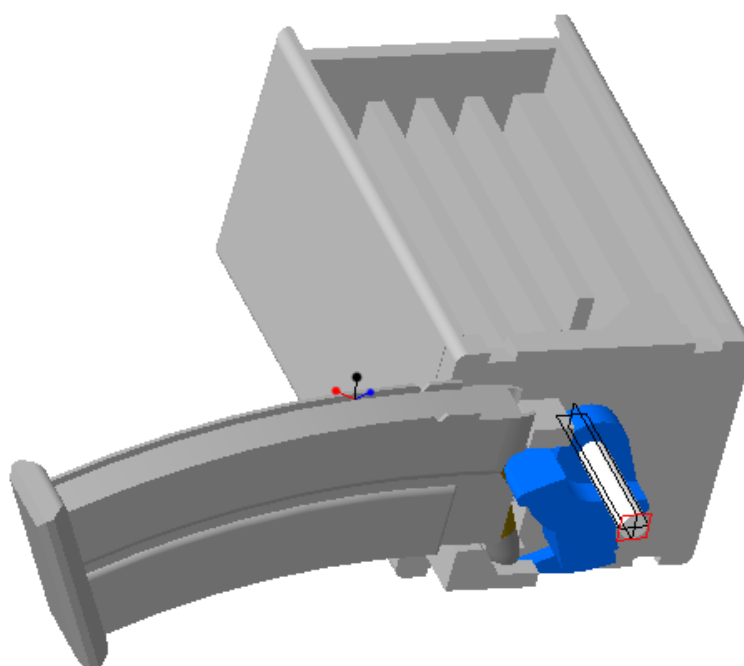
Na rozdíl od předchozích konceptů bude u tohoto využito rozdělení pohybu na dva, podobně jako je tomu u manuálního dobítí. To znamená, že náboj bude nejdříve kolmo ke své ose zatlačen do zásobníku a poté ve směru osy zasunut do finální polohy.

K tomuto účelu bude u tohoto konceptu sloužit speciální „kohoutek“, na obr. 4.15 vyobrazen modře, který bude uložen rotačně. Nejprve jeho horní výstupek (na obr. 4.15 se dotýká nábojnice) zatlačí náboj do zásobníku, přičemž překoná odpor zásobníkové pružiny. Kohoutek se bude dále otáčet, až jeho další výstupek, (na obr. 4.15 zcela dole), zatlačí na projektil náboje, a tím ho dostane do správné polohy. Následně se kohoutek pootočí o čtvrt otáčky zpět (pomocí pružiny), z předzásobníku se posune další náboj a celý proces se opakuje. Jelikož je tento pohyb poněkud složitější, byla k ověření funkčnosti systému provedena pohybová simulace v programu Autodesk

Inventor 2019. K uchycení zásobníku lze opět s výhodou využít zubového vybrání ve stěně zásobníku.



Obrázek 4.15 – Dobíjecí mechanismus konceptu 4



Obrázek 4.16 – Koncept 4, celkový pohled

4.4.3 Zhodnocení konceptu 4

Výhodou konceptu 4 jsou kompaktní rozměry, kterých mohlo být dosaženo jednak díky kohoutku dobíjení, který je menší než páky v předchozích konceptech a jednak díky efektivnímu rozvržení drážek v předzásobníku.

4.5 Výběr konceptu ke konstrukčnímu řešení

4.5.1 Metodika hodnocení konceptů

Ačkoliv každý ze čtyř výše prezentovaných konceptů představuje lepší řešení, než je současný stav (tzn. manuální dobíjení zásobníků), výběr nejlepšího z konceptů je proveden systémem bodování, který umožní posoudit a porovnat všechny koncepty komplexně, na základě jejich parametrů.

Prvním a zároveň jedním z nejdůležitějších kritérií je **rychlost**, kterou je možno pomocí zařízení dobíjet náboje do zásobníku (resp. čas potřebný k dobití jednoho náboje). Zde je potřeba brát ohled nejen na samotný dobíjecí proces, ale i na činnosti s ním související, tzn. především vkládání zásobníku a nábojů do zařízení, přičemž je nutno vzít v potaz kapacitu nábojů jednotlivých konceptů. Zatímco některý pojme jen 10 nábojů, tzn. je třeba dodávat náboje po dvou dobitých zásobnících, jiný koncept je schopen pojmout až 50 nábojů, a tím pádem dobít 10 zásobníků naráz bez nutnosti doplňování nábojů.

Velice důležitým hlediskem je rovněž uživatelská přívětivost, to znamená zejména to, jak se bude zařízení v praxi držet a používat. Pro jednoduchost bude tato veličina nadále nazývána jako **ovládání**.

Dalším hodnoceným parametrem je **konstrukční jednoduchost** konceptu. Ta je důležitá jednak z hlediska vyrobitelnosti, jednak i z hlediska spolehlivosti, jelikož jednodušší zařízení je zpravidla spolehlivější nežli zařízení složitě.

Neméně důležitým hlediskem porovnání konceptů je jejich hmotnost, která bude při předpokladu použití stejného materiálu záviset v podstatě jen na rozměrech, a tak je možno tyto dva parametry shrnout do jednoho, nazvaného **rozměry**.

Každé z výše zmíněných hledisek o konceptu podává nějakou informaci, je ale třeba je rozdělit dle důležitosti. Zcela zásadním parametrem je rychlost, se kterou je užitím zařízení možno dobíjet zásobníky, ostatně za tímto účelem je celé zařízení konstruováno. Rychlost tedy musí mít v porovnání větší váhu než ostatní parametry. Dalším důležitým parametrem je určitě ovládání, proto je jemu, i zmíněné rychlosti v porovnání přiřazena dvojnásobná důležitost.

System hodnocení bude bodový, každý koncept může v každé hodnocené oblasti získat od 0 do 5 bodů, resp. 0 až 10 bodů v parametrech se zvýšenou důležitostí, tzn. v rychlosti dobíjení a v uživatelské přívětivosti (ovládání). Udělování bodů je okomentováno v další kapitole a výsledky jsou pak přehledně shrnuty v tabulce 4.1.

4.5.2 Hodnocení konceptů

4.5.2.1 Hodnocení konceptu č. 1

Samotné dobíjení s užitím konceptu č. 1 bude poměrně rychlé, ovšem vzhledem k malé kapacitě pouze 10 nábojů, bude třeba častého doplňování, které v konečném důsledku zpomalí celý proces, a tak je hodnoceno **5/10**.

Co se týče ovládání, to bude u konceptu komfortní, bude možné i ovládání jednou rukou, na druhou stranu bude uživatelský zážitek narušen nutností častého doplňování nábojů a jejich nabíráním z krabičky, což může působit problémy. **6/10**.

Dobíjecí mechanismus konceptu 1 je jednoduchý, naproti tomu doplňování nábojů pomocí drážky složitější. **3/5**.

Rozměry konceptu 1 jsou ze všech tří konceptů nejmenší. **5/5**.

4.5.2.2 Hodnocení konceptu č. 2

Rychlost dobíjení konceptu 2 je vyhovující, není zde problém s kapacitou jako u konceptu č.1, na druhou stranu dobíjení pákou není optimální řešení, protože páka musí urazit poměrně dlouhou vzdálenost. Dobíjení bude tedy nepatrně pomalejší než u ostatních konceptů. **8/10**

Ovládání nebude vzhledem k dlouhé páce zcela komfortní, uchopení do ruky je poněkud složitější. **6/10**

Koncept je konstrukčně relativně jednoduchý. **4/5**

Rozměry jsou ve srovnání s ostatními koncepty velké, mj. kvůli poměrně dlouhé páce trčící ze zařízení. **1/5**

4.5.2.3 Hodnocení konceptu č. 3

Rychlost dobíjení bude díky kombinaci velkého zásobníku na náboje a otočné páky vyhovující, ale pákou bude třeba vykonat poměrně velký pohyb. **7/10**

Ovládání koceptu 3 je komfortní, v jedné ruce je umístěno zařízení, druhá ruka lehce otáčí dobíjecí pákou. **8/10**

Koncept je relativně jednoduchý, má jen jednu pohyblivou část, podobně jako koncept 2. **4/5**

Tělo konceptu je poměrně velké, podobně jako koncept 2, ovšem nemá na sobě rozměrnou páku, ale jen menší otáčecí mechanismus. **2/5**

4.5.2.4 Hodnocení konceptu č. 4

Rychlost dobíjení bude velice uspokojivá díky kombinaci předzásobníku s kapacitou 50 nábojů a ovládací páky, kterou stačí otočit vždy o 90°. **10/10**

Koncept 4 je ovládán velice jednoduše rotačně uloženou pákou. **10/10**

Aby bylo dosaženo kompaktních rozměrů a spolehlivé funkce, je koncept poměrně konstrukčně složitější. **2/10**

Koncept 4 je kompaktní, z vnějšku se jedná v podstatě o kvádr, z něhož vystupuje malá ovládací páčka. **4/5**

| Č. konceptu | Rychlost | Ovládání | Jednoduchost | Rozměry | Výsledek |
|-------------|----------|----------|--------------|---------|-----------|
| 1 | 5 | 6 | 3 | 5 | 19 |
| 2 | 8 | 6 | 4 | 1 | 21 |
| 3 | 7 | 8 | 4 | 2 | 24 |
| 4 | 10 | 10 | 2 | 4 | 26 |

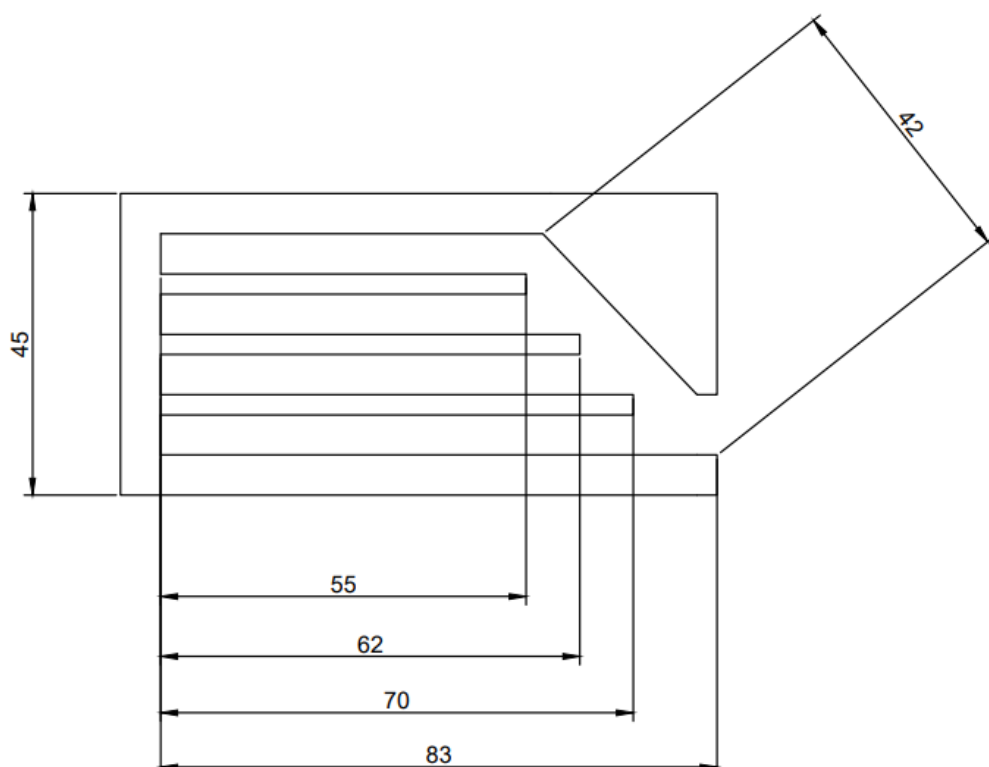
Tabulka 4.1 - Výsledky hodnocení jednotlivých konceptů

Jak je zřejmé z tabulky č. 1, jeví se jako nejvhodnější pro konstrukční řešení koncept č. 4. Ten bude tedy v následujících kapitolách dále zpracován.

5. Konstrukční návrh mechanismu na dobíjení zásobníku

5.1 Geometrie předzásobníku

Pro návrh předzásobníku zařízení, který slouží k uchování a zorientování nábojů před samotným dobítím, je potřeba určit délky čtyř jeho drážek tak, aby se tam vešlo 50 nábojů z jedné krabičky.



Obrázek 5.1 – Schéma předzásobníku

Vzhledem k tomu, že zařízení bude drženo v ruce za předzásobník, musí tento mít takové rozměry, aby se do ruky vešel, zároveň musí být ale dostatečně velký pro 50 nábojů. Vnější rozměry předzásobníku jsou tedy voleny na 83 mm podélně, ostatní dva rozměry kvádru jsou 45 mm a dle těchto vnějších rozměrů byly dále vsazeny drážky, jejichž rozměry jsou dle obr. 5.1. Podle obr. 2.4 má lem náboje průměr cca 7 mm. Z těchto hodnot lze vypočítat, kolik nábojů se přibližně vejde přímo do drážek:

$$\frac{83}{7} + \frac{70}{7} + \frac{62}{7} + \frac{55}{7} + \frac{42}{7} \cong 44 \quad [5.1]$$

Jedná se o přibližný výpočet, i když byla hodnota zaokrouhlena dolů, je zřejmé, že 6 i více nábojů, pro které by po nasypání v drážce nezbylo místo, by se pohodlně vešlo do

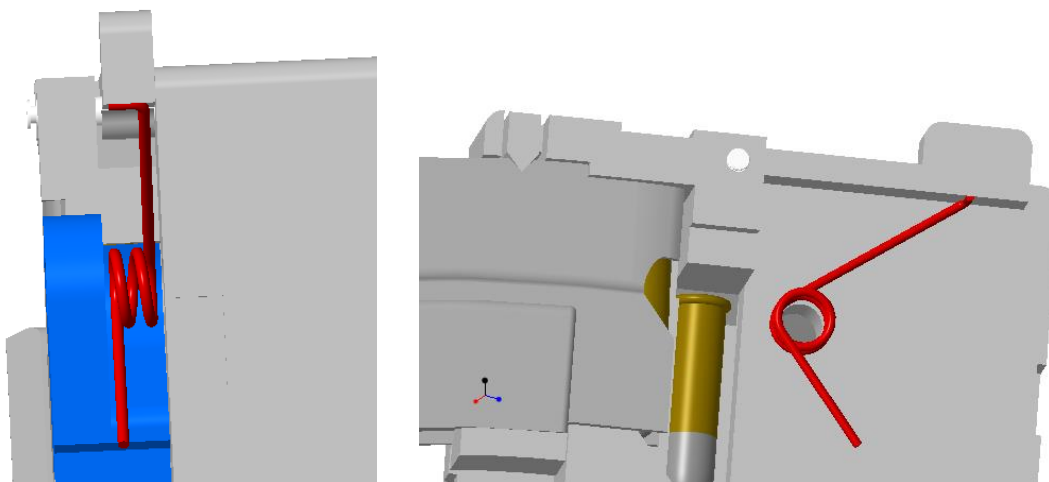
prostoru nad drážku a mohly by do ní zapadnout později až se uvolní místo tím, že budou nějaké náboje dobity.

5.2 Návrh zkrutné pružiny

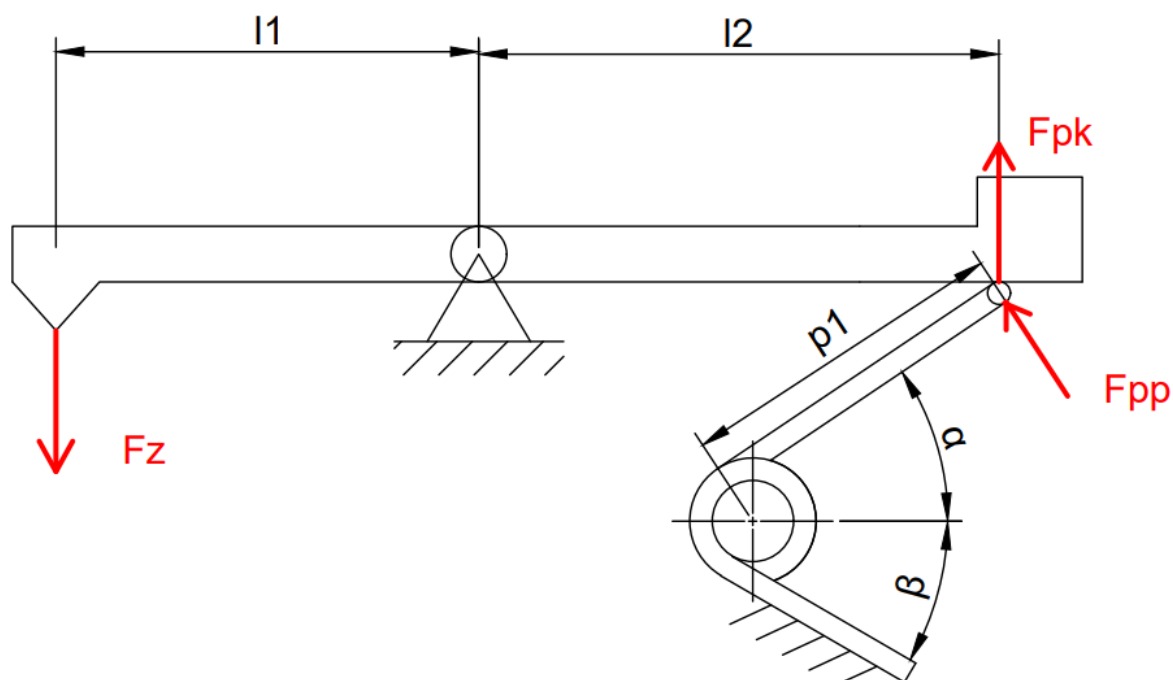
Zkrutná pružina v zařízení zastává s výhodou dvě funkce. Jednou z nich je ta, že jedním svým koncem zespodu tlačí na páku zásobníku, a tím vyvoluje reakci na druhé straně páky, která tlačí zoubky do vybrání ve stěně zásobníku a tím zajišťuje jeho polohu. Další funkcí pružiny je, že svým druhým koncem vždy po nabití jednoho náboje vrací kohoutek dobíjení zpět do původní polohy. To je důležité mimo jiné proto, že kohoutek v této poloze zavírá průchod z předzásobníku, aby náboje ze zařízení nevypadaly v případě, že je z něj vyndaný zásobník a není zrovna používáno, ale v předzásobníku jsou náboje.

Na obrázku 5.2 vlevo je zobrazena zkrutná pružina z pohledu kolmého k ose – modrou barvou je zde vyobrazen kohoutek dobíjení. Na obr. 5.2 vpravo je pružina, pro přehlednost se skrytým kohoutkem dobíjení, aby bylo vidět její působení na páku zásobníku.

Návrh pružiny bude proveden vzhledem k jejímu působení na zásobníkovou páku. Zde je potřeba zajistit její dostatečnou tuhost, aby síla působící na zoubky páky zabránila vypadnutí zásobníku během jeho dobíjení. Výpočet bude proveden pro fázi, kdy síla od pružiny bude minimální – tzn. okamžik, kdy kohout dobíjení je opřen o doraz a zavírá tak průchod z předzásobníku a uživatel nepůsobí silou na ovládací páku.



Obrázek 5.2 – Zkrutná pružina



Obrázek 5.3 – Výpočtové schéma zkrutné pružiny

Na obrázku 5.3 je schematicky vyobrazena páka zásobníku se zkrutnou pružinou v poloze, pro kterou se bude provádět výpočet, tzn. v poloze předpětí. Rozměry páky jsou: $l_1 = 23 \text{ mm}$ a $l_2 = 27 \text{ mm}$. Délka přímého konce drátu pružiny působícího na páku je $p_1 = 23 \text{ mm}$. Ve výše definované poloze pružiny je velikost úhlu $\alpha = 35^\circ$. F_{pp} značí sílu od pružiny na páku, F_{pk} pak složku této síly působící ve směru kolmém k páce. Síla F_{pp} je silou od předpětí, do této polohy totiž bude pružina montována a v této poloze musí vyvozovat minimální danou hodnotu síly $F_Z = 10 \text{ N}$.

Z geometrie je zřejmé, že:

$$F_{pk} = F_{pp} \cdot \cos \alpha \quad [5.2]$$

Podle pákového pravidla dále platí:

$$F_Z \cdot l_1 = F_{pk} \cdot l_2 \quad [5.3]$$

Z [5.2] a [5.3] lze vyjádřit F_{pp} v závislosti na F_Z :

$$F_{pp} = \frac{F_Z}{\cos \alpha} \frac{l_1}{l_2} \quad [5.4]$$

Po dosazení výše uvedených hodnot vyjde pro F_{pp} :

$$F_{pp} \approx 10,4 \text{ N} \quad [5.5]$$

Aby na páku nevznikaly při používání zbytečně velké síly, volím max. sílu od pružiny na páku F_8 tak, aby byla dvojnásobná oproti síle F_{pp} , tzn. $F_8 = 20,8 \text{ N}$. Pracovní úhel pružiny, o který se natočí při dobití jednoho náboje je $\varphi = 45^\circ = \pi/2$. Pro požadovanou zkrutnou tuhost poté platí dle [1]:

$$k_{\varphi p} = \frac{(F_8 - F_{pp}) \cdot p_1}{\varphi} \quad [5.6]$$

a po dosazení

$$k_{\varphi p} = \frac{2 \cdot (20,8 \text{ N} - 10,4 \text{ N}) \cdot 0,023 \text{ m}}{\pi} \approx 0,152 \text{ N m rad}^{-1} \quad [5.7]$$

volím drát o průměru $d = 1 \text{ mm}$. Zkrutná tuhost pružiny se vypočte ze vztahu:

$$k_{\varphi} = \frac{E d^4}{64 D n} \quad [5.8]$$

dále podle dispozice prostoru pro pružinu volím vnější průměr $D = 7 \text{ mm}$ a počet závitů pružiny $n = 3$. Hodnota modulu pružnosti v tahu pro ocel je $E = 210 \text{ GPa}$. Skutečná tuhost pružiny tedy vyjde:

$$k_{\varphi} \approx 0,156 \text{ N m rad}^{-1} \quad [5.9]$$

což je hodnota nepatrně větší než tuhost požadovaná, a tak je možno ji ponechat i s ohledem na to, že pružina je dimenzována pro *minimální* sílu vyvozenou na páce.

Pro pružinu je nyní potřeba spočítat předpětí, aby pružina působila na páku minimální, výše stanovenou silou F_{pp} . Pro předpětí platí dle [1]:

$$\varphi_1 = \frac{F_{pp} \cdot p_1}{k_{\varphi}} \quad [5.10]$$

po dosazení známých hodnot vyjde úhel předpětí:

$$\varphi_1 = \frac{10,44 \cdot 0,023}{0,156} \text{ rad} \approx 1,53 \text{ rad} \approx 88^\circ \quad [5.11]$$

který by při montáži šlo dosáhnout. V krajní poloze (když kohout zcela zasune náboj do zásobníku) bude tedy úhlová deformace pružiny:

$$\varphi_8 = \varphi_1 + 45^\circ = 88^\circ + 45^\circ = 2,32 \text{ rad} \quad [5.12]$$

pro tuto hodnotu bude na zásobník vyvíjet páka maximální sílu. Maximální síla od pružiny na páku bude

$$F_8 = \frac{1}{p_1} k_\varphi \varphi_8 \quad [5.13]$$

s ohledem na [5.4] lze vyjádřit maximální sílu na zásobník

$$F_{zmax} = \frac{1}{p_1} k_\varphi \varphi_8 \cos(\alpha) \frac{l_2}{l_1} \quad [5.14]$$

která po dosazení hodnot vyjde

$$F_{zmax} \approx 15,1 \text{ N} \quad [5.15]$$

což je hodnota uspokojivá vzhledem k tomu, že je samozřejmě větší než minimální požadovaná síla 10 N a zároveň není neúměrně velká a nebude tedy zbytečně namáhat součásti.

5.3 Výpočet kinematiky mechanismu dobíjení

Výpočet kinematiky mechanismu vychází z předpokládané doby dobítí jednoho náboje $T = 1$ s. Za tuto dobu se dá otočit pákou o čtvrt otáčky tam a zpět. Vzdálenost výběžku dobíjecího tělesa od osy otáčení je 15,5 mm. Při předpokladu rovnoměrně zrychleného pohybu lze zjednodušeně psát pro jednu polovinu čtvrtotáčky – tedy pro dobu, po kterou bude mechanismus konat rovnoměrně zrychlený pohyb s úhlovým zrychlením ε :

$$\varphi = \frac{\pi}{4} \text{ rad} \quad [5.16]$$

$$t_z = \frac{1}{4} \text{ s.} \quad [5.17]$$

Pro rovnoměrně zrychlený pohyb (pro první polovinu čtvrtotáčky), pro čas od 0 do 0,25 s, resp. pro úhlovou dráhu od 0 do $\pi/4$ platí:

$$\omega = \varepsilon \cdot t \quad [5.18]$$

kde

$$\varepsilon = \text{konst.} \quad [5.19]$$

a pro rovnoměrně zpomalený pohyb od $\pi/4$ do $\pi/2$ resp čas od 0,25 do 0,5

$$\omega = \varepsilon \cdot 0,25s - \varepsilon \cdot (t - 0,25s). \quad [5.20]$$

Pro výpočet úhlového zrychlení využijeme první fázi, tzn. rovnoměrně zrychlený pohyb. Z definice úhlové rychlosti:

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt} \quad [5.21]$$

lze vyjádřit element dráhy $d\varphi$, jehož integrací podle času získáme dráhu φ :

$$\varphi = \int_0^t \omega dt. \quad [5.22]$$

do [5.22] se dosadí meze pro čas z [5.17], pro úhlovou rychlost z [5.18] a po integraci je:

$$\varphi = \int_0^{\frac{1}{4}} \varepsilon t dt = \frac{1}{2} \varepsilon t^2 = \frac{1}{2} \varepsilon \left(\frac{1s}{4}\right)^2 = \frac{1s^2}{32} \varepsilon \quad [5.23]$$

po dosazení za úhlovou dráhu φ z [5.16] vychází pro úhlové zrychlení:

$$\varepsilon = \frac{32}{4s^2} \pi = 8\pi s^{-2} \quad [5.24]$$

při znalosti této hodnoty je nyní možno vypočítat z [5.18] maximální úhlovou rychlost, která nastane evidentně v čase $t = 0,25 s$:

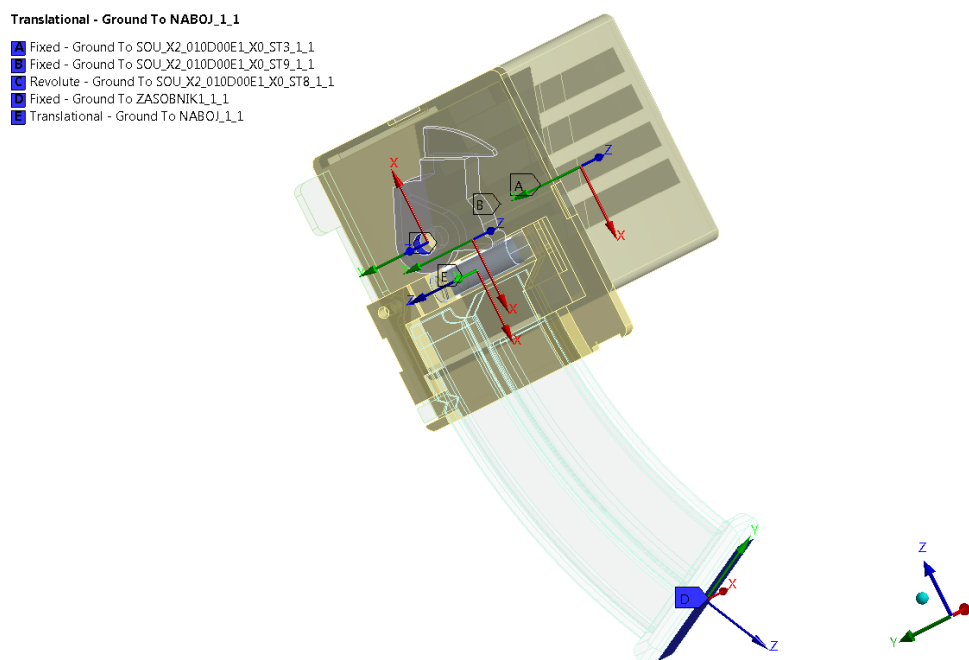
$$\omega_{max} = 8\pi rad \cdot s^{-1} \quad [5.25]$$

a z této pak i hodnotu max. rychlosti výstupku pro zatlačení náboje, který je od osy otáčení vzdálen $r_v = 15,5 mm$

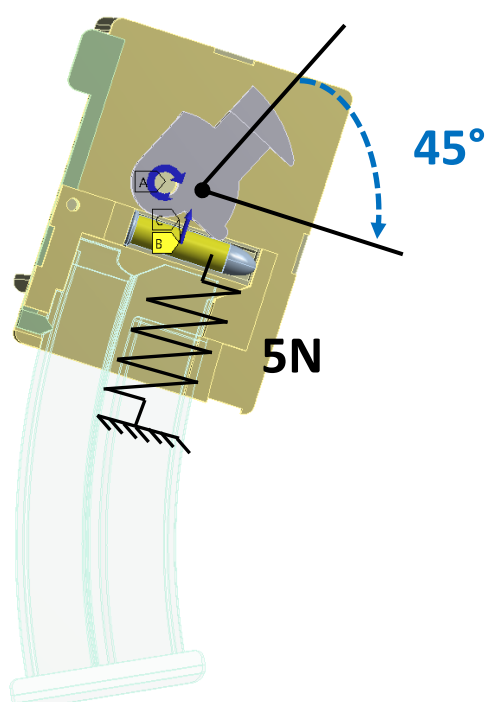
$$v_v = \omega_{max} \cdot r_v = 8\pi \cdot 0,0155ms^{-1} = 0,39ms^{-1} \quad [5.26]$$

5.4 Dynamická simulace mechanismu zasunutí náboje do zásobníku

Pro posouzení velikosti točivého momentu pro spínání zkrutné pružiny byla vytvořena zjednodušená dynamická simulace v programu *Ansys Workbench* v modulu *Rigid dynamics* (dynamická simulace tuhých těles). Jednotlivým částem, které se nepohybují (např. zásobník, předzásobník) byly definovány nepohyblivé vazby (*fixed* – zamezení pohybu a rotace). Pohyblivé části jako kouhoutek a náboj byly definovány rotační (*Revolute* – umožnění pouze rotace) a posuvnou vazbou (*Translation* – umožnění pohybu), jak je znázorněno na obr. 5.4.



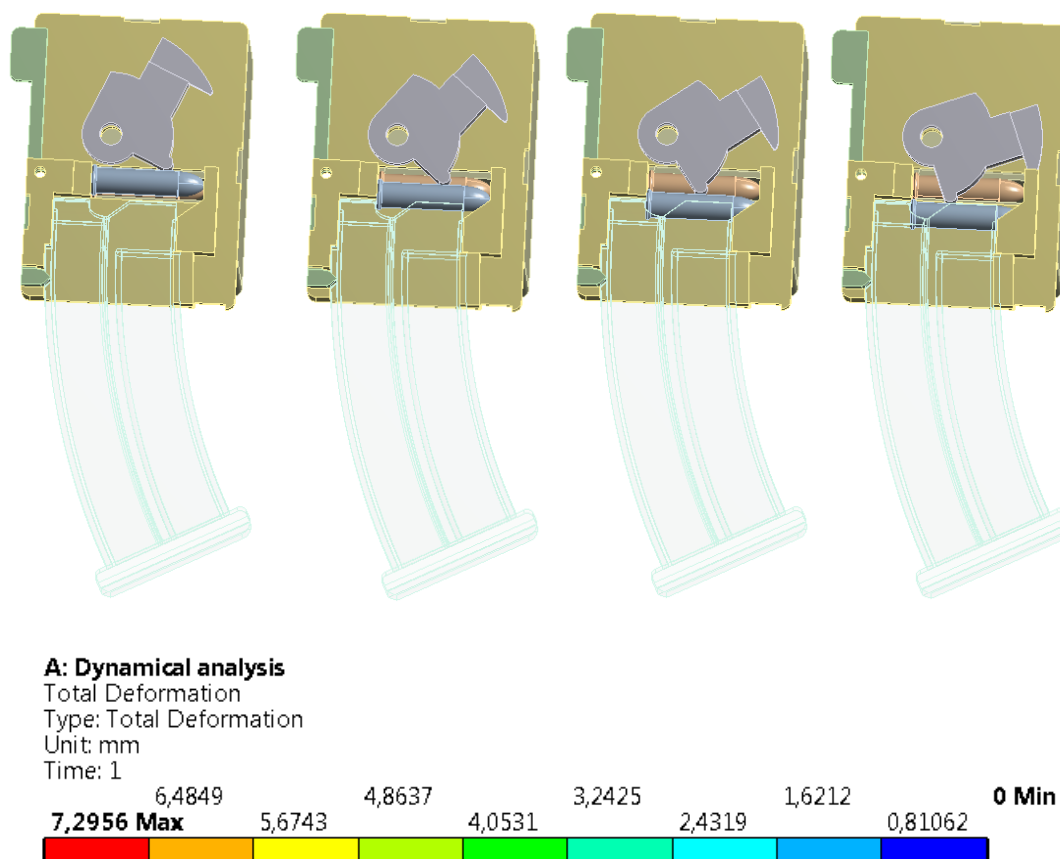
Obrázek 5.4 – Definování pohyblivých a nepohyblivých částí v dynamické simulaci



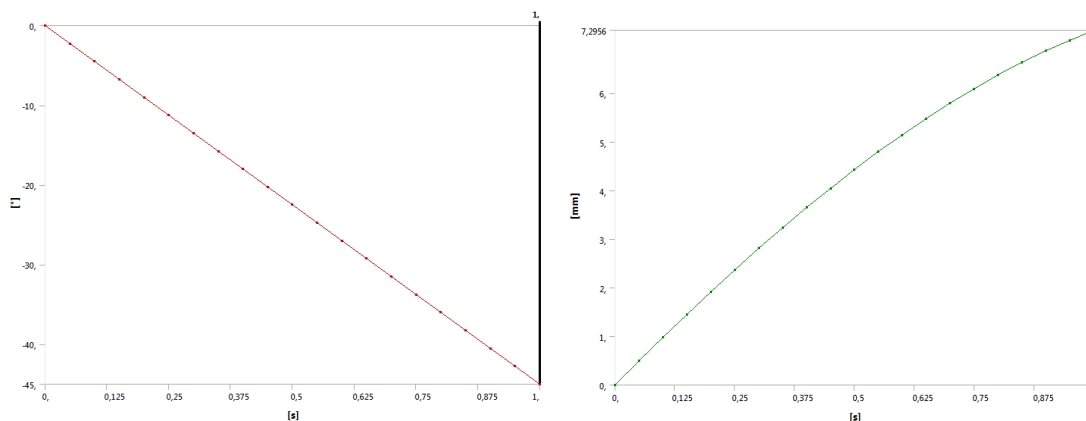
Obrázek 5.5 – Výpočtové schéma zkrutné pružiny

Pro zjednodušení dynamické simulace a z hlediska časové náročnosti, kde kohoutek je v kontaktu s nábojem, se uvažovalo pouze stlačování náboje rotací kohoutku. Toto zjednodušení bylo pro výpočet možné, protože takto lze získat velikost točivého momentu nutného pro zatlačení náboje do zásobníku. Okrajové podmínky uvedené na

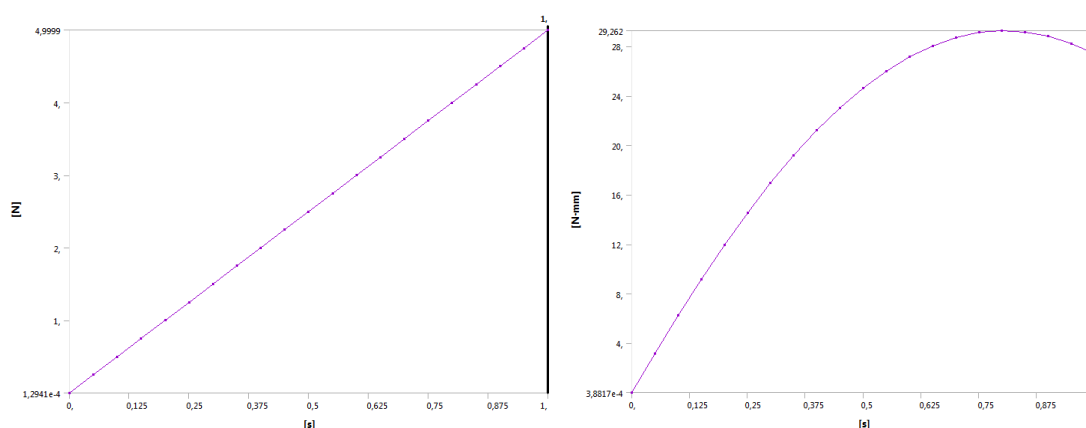
obr. 5.5 byly definovány tak, že kohoutek v čase rotuje o 45° a stlačuje náboj, na který ze zásobníku působí při maximálním stlačení v čase 1s síla 5N od vratné pružiny, jak je dáno výrobcem zásobníku. Výsledky časového průběhu stlačování náboje jsou uvedeny na obr. 5.6. Z obr. 5.6 je patrné, že maximální stlačení je 7,29 mm, což odpovídá největšímu průměru náboje. Na obr. 5.7 jsou výsledky časového průběhu rotace kohoutku (obr. 5.7 vlevo) a stlačení náboje (obr. 5.7 vpravo). V závislosti na stlačování náboje narůstá síla od vratné pružiny (obr. 5.8 vlevo), což celkově způsobuje maximální velikost točivého momentu 29,2 N/mm, jak je patrné z průběhu na obr. 5.8 vpravo.



Obrázek 5.6 – Časový průběh stlačování náboje



Obrázek 5.7 – Výsledky rotace kohoutku (vlevo), průběh stlačení náboje (vpravo)

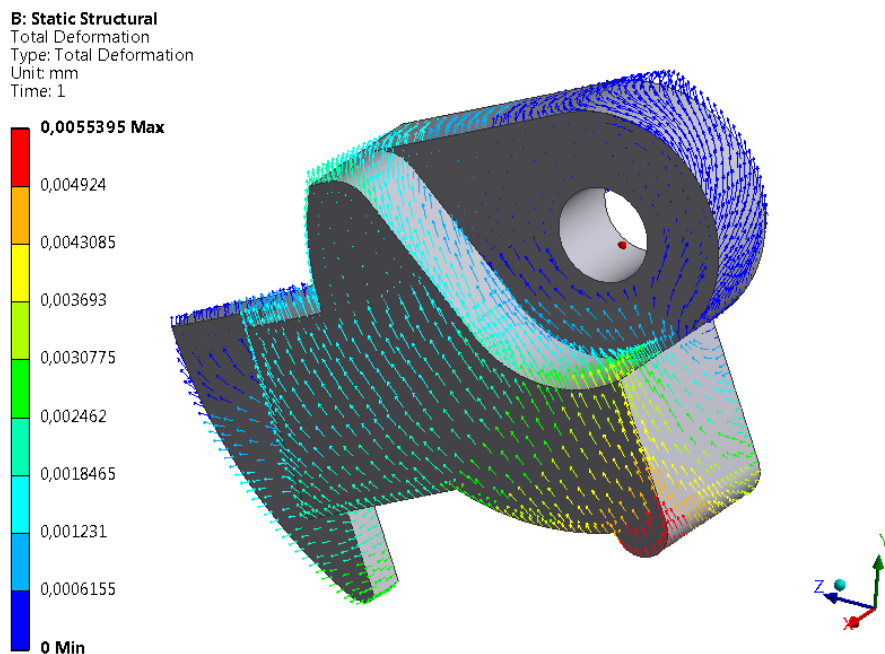


Obrázek 5.8 – Silový průběh stlačování náboje (vlevo), průběh točivého momentu kohoutku (vpravo)

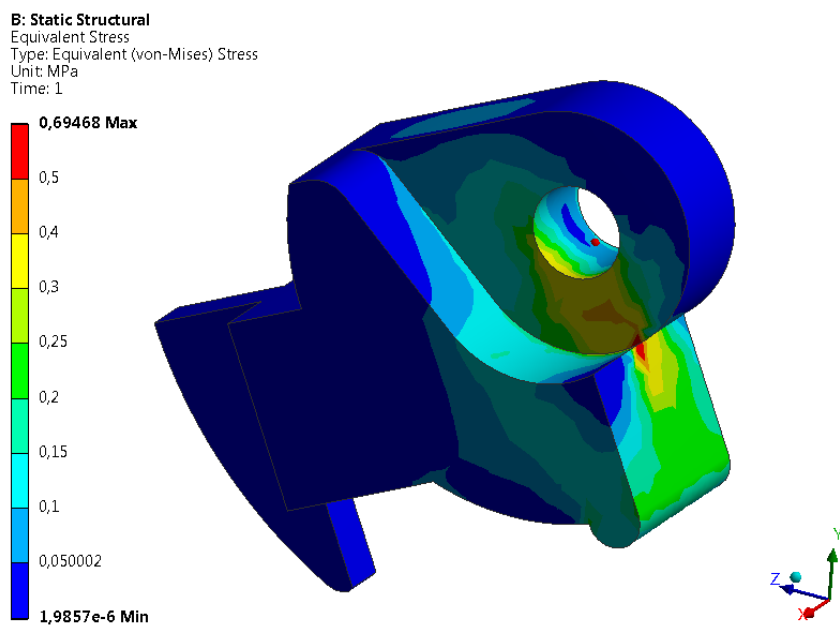
5.5 Pevnostní simulace kohoutku

Během jednotlivých cyklů dobíjení nábojů do zásobníku bude docházet z bezpečnostního hlediska nejvíce k opotřebení kohoutku od kontaktu s nábojem (viz obr. 5.6). Byla proto provedena pevnostní simulace zatížení kohoutku od maximální působící síly 5N v programu Ansys Workbench v modulu Static structural. Kohoutek bude vyroben (3D tisk) z materiálu ABS (acrylonitrile-butadiene-styrene), který má mechanické vlastnosti uvedené v příloze č. 7. Pro statickou pevnostní analýzu je nutné definovat materiálový model daný modulem pružnosti v tahu $E=1600$ MPa a Poissonovo číslo $\mu=0,42$. Silové podmínky byly zavedeny tak, že v místě kontaktu válcové části kohoutku s nábojem byla definována síla 5N. (Pozn. Jedná se o zjednodušení, protože ve skutečnosti zde bude působit kontaktní tlak). Okrajové podmínky byly definovány do díry kohoutku fixovaným uložením. Výsledky rozložení deformace a napětí uvedené na obrázcích 5.9 a 5.10 znázorňují, že navržená konstrukce

kohoutku působící napětí o velikosti 0,69 MPa snese, neboť materiál ABS má mez kluzu 40 MPa. Tedy se dá předpokládat i odpovídající životnost dílu.



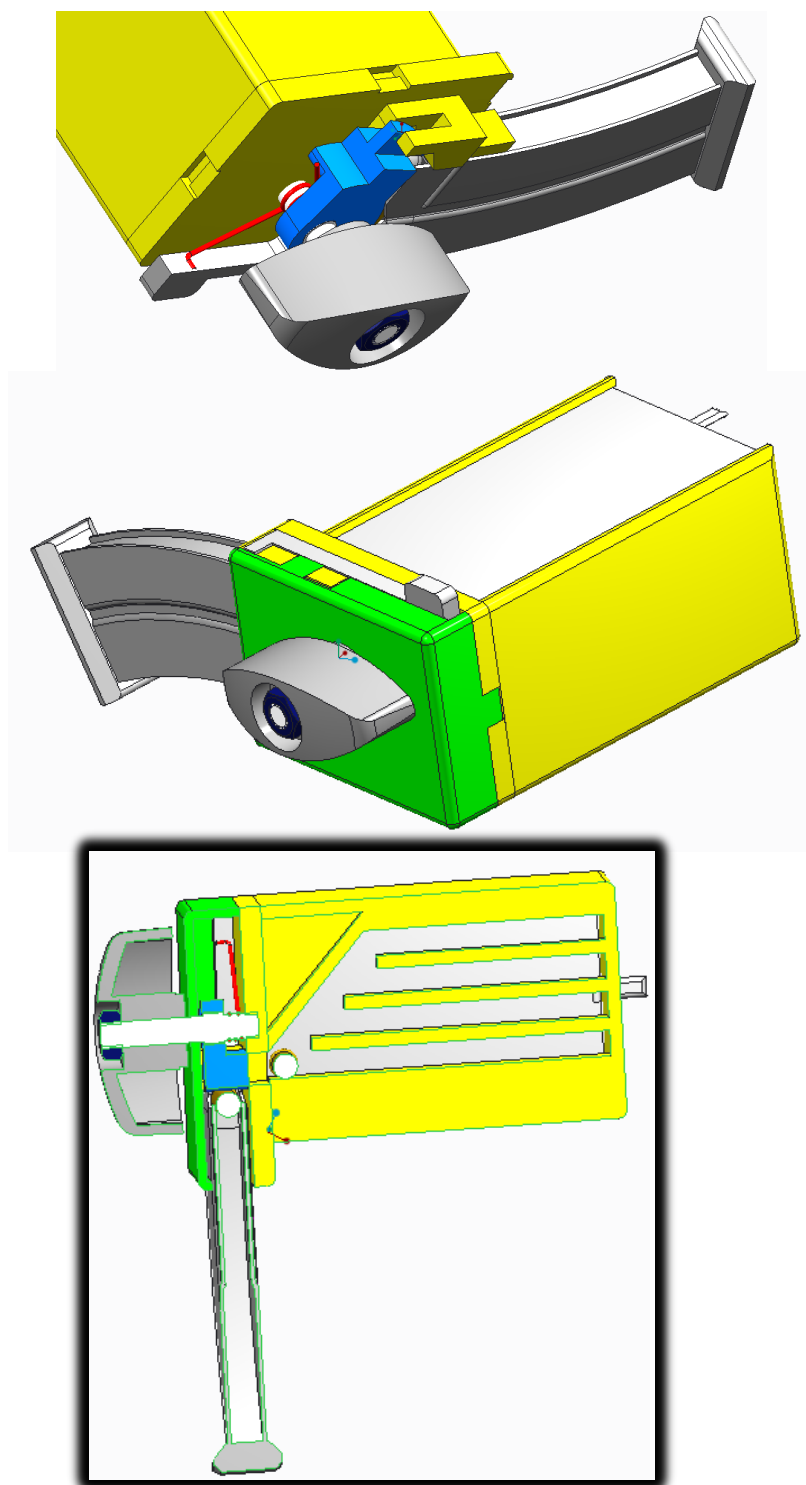
Obrázek 5.9 – Statická pevnostní analýza deformace kohoutku



Obrázek 5.10 – Statická pevnostní analýza napětí v kohoutku

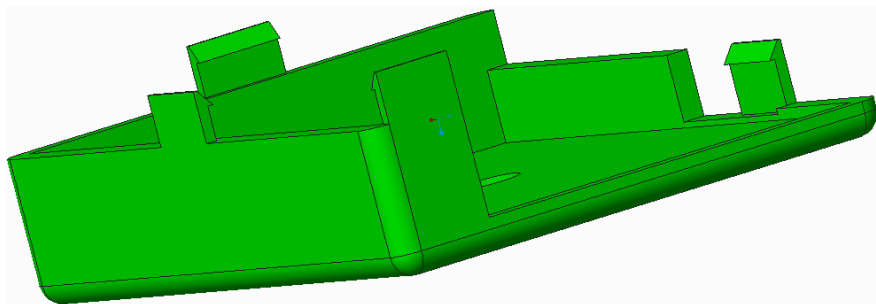
5.6 3D model konstrukčního návrhu

Finální návrh konstrukčního řešení mechanismu na dobíjení zásobníku biatlonové pušky ANSCHÜTZ 1827F cal. 22LR je zobrazen na obr. 5.11.

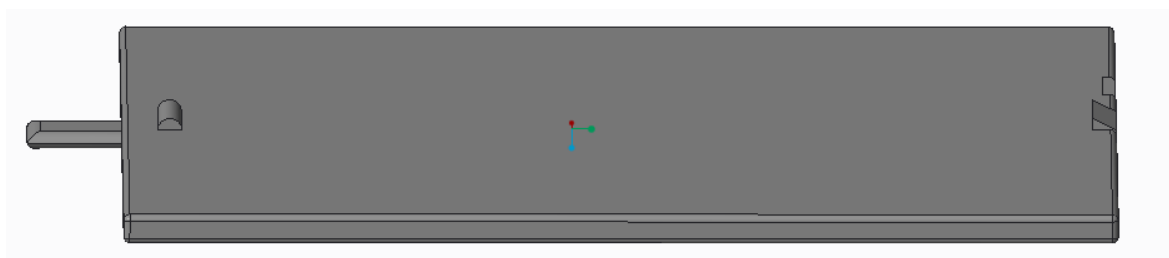


*Obrázek 5.11 – Finální řešení mechanismu na dobíjení zásobníku biatlonové pušky
ANSCHÜTZ 1827F cal. 22LR*

Pro výrobu většiny dílů se uvažuje výroba 3D tiskem (viz kapitolu 6). Ke spojení krytu a těla zařízení bylo s výhodou využito „zacvakávacích spojů“ (*snap fit joints*) při jejichž návrhu se vycházelo z literatury [6] a [7], kde je jejich návrh popsán právě pro díly vyráběné 3D tiskem. Snap fit joints krytu dobíjecího mechanismu jsou dobře patrné z obr. 5.12.



Obrázek 5.12 – Kryt mechanismu



Obrázek 5.13 – Víčko předzásobníku

Podobného principu je využito i u víčka předzásobníku (obr. 5.13), na kterém jsou dva výstupky a které je posuvně uloženo v těle zařízení. Výstupek trojúhelníkového průřezu na obr. 5.13 vpravo je po přeponě trojúhelníka přetáhnut společně s víčkem přes hranu předzásobníku a následně zabráňuje úplnému vyjetí víčka při jeho otevření. Nicméně pokud by uživatel chtěl víčko ze zařízení zcela vyndat, možné to je. Polohu víčka v zavřené poloze viz na obr. 5.11 uprostřed. Druhý výstupek na víčku, na obr. 5.13 vlevo, má půlkruhový průřez a slouží k udržení víčka v zavřené poloze. To je užitečné nejen při používání zařízení, aby se neotevřelo a náboje z něj nevypadaly, ale i při skladování a přenášení například v batohu či biatlonistově vaku na pušku, kde by kromě vysypání nábojů mohlo dojít i k poškození vyjetého víčka.

Pro kohoutek (viz obr. 5.9 a 5.10), stejně jako pro všechny plastové díly, se uvažuje výroba 3D tiskem. Jelikož ale kohoutek má být na hlavní čep nalisován na jemné drážkování, je třeba zajistit dostatečnou přesnost jeho díry, proto se počítá s jejím

následným vyvrtáním, stejně jako pro další díry v plastových dílech, viz výkresy v přílohách.

6. Ekonomické zhodnocení

Je zřejmé, že má-li být produkt a jeho výroba rentabilní, je třeba jej vyrobit jednak co nejlevněji, ale také pokud možno pro něj zajistit co největší odbyt.

6.1 Zhodnocení z hlediska použitého materiálu

Jelikož kovy a jejich slitiny jsou nejčastěji používaným materiálem ve strojírenství, mohly by se zdát jako vhodné i pro navrhované zařízení, ovšem mají i své nevýhody. Zejména se jedná o jejich vyšší cenu ve srovnání s plasty, dále pak i výroba by byla zcela jistě dražší a náročnější nežli u plastů a také měrná hmotnost bude vyšší. Výhodou kovů oproti plastům by byly jejich lepší mechanické vlastnosti, zejména vyšší mez únavy a s ní spojená lepší trvanlivost výrobku.

Z hlediska použitého materiálu se jeví jako optimální pro většinu součástí zřejmě některý z plastů, jelikož plasty jsou obecně relativně levné, vyznačují se poměrně nízkou měrnou hmotností a v současné době existuje široké spektrum různých plastů, které dané aplikaci vyhovují i z hlediska mechanických vlastností.

6.2 Zhodnocení z hlediska výrobní technologie a cen dílů

Plasty se dají v současné době zpracovávat širokou škálou technologií, pro danou aplikaci je ovšem potřeba zohlednit především počet vyrobených kusů. Je zřejmé, že trh světového biatlonu není tak velký, aby se vyplatila investice kupříkladu do vstřikovací formy, která je velmi nákladná, a proto ekonomicky výhodná zejména pro hromadnou výrobu.

Vhodnější se zdá být technologie obrábění plastů, u které by tolik nevadil malý počet vyrobených kusů, ovšem pro tělo zařízení nebude vhodná z důvodu, že by bylo potřeba odebrat velké množství materiálu – to by bylo náročné jak z hlediska časového, tak ekonomického – vznikalo by totiž velice mnoho odpadu.

Pro výrobu těla zařízení, které je tvořeno z jedné strany otevřeným kvádrem, uvnitř nějž jsou stěny tvořící drážky pro náboje, se zdá býti vhodnou technologie 3D tisku.

Tento způsob výroby zejména plastových dílů prodělává v poslední době dynamický vývoj, díky kterému se 3D tisk stává záležitostí dostupnou i široké veřejnosti, čemuž značnou měrou přispívá i celosvětově známá společnost Prusa Research pražského vývojáře Josefa Průši. Ten své tiskárny prodává za dostupné ceny, přičemž další jejich výhodou je, že se dokáží z velké části replikovat, tzn. vytisknout velkou část komponent pro sestavení další tiskárny. Neméně důležitým dopadem vývoje v 3D tisku je zvyšování kvality výtisků – ať už z hlediska jakosti povrchu, která je typickým neduhem produktů z 3D tiskáren, tak i z hlediska mechanických vlastností výrobků.

Ceny 3D tiskáren začínají již od řádově tisíců korun, ovšem tyto zpravidla poskytují nevyhovující výrobky, jednotlivé jejich vrstvy na sebe přesně nenavazují, jakost povrchu je špatná stejně tak i mechanické vlastnosti.

Kvalitní 3D tiskárna, například Original Prusa i3 MK2S se dá zakoupit za přibližně 15 000 Kč včetně DPH, což jako investice do výrobního stroje není mnoho, zvláště s přihlédnutím ke skutečnosti, že dalšími náklady pro výrobu bude již jen cena materiálu (struny) pro 3D tisk. Náklady za elektrickou energii se dají zanedbat s přihlédnutím ke skutečnosti, že tiskárna má průměrný příkon přibližně 70 W, srovnatelný s klasickou žárovkou.

Nejvíce používanými materiály v 3D tisku jsou zejména ABS (Akrylonitrilbutadienstyren), PVA (Polyvinylalkohol) nebo PET (Polyethylentereftalát), ovšem dalších materiálů je na trhu nepřeberné množství.

Ceny těchto materiálů začínají na přibližně 500 Kč/kg, běžné materiály stojí obvykle do 1000 Kč/kg, ale některé speciální, například vodou rozpustné, používané pro podpory při 3D tisku stojí až 3000 Kč i více.

V tabulce 6.1 jsou uvedeny hodnoty objemů jednotlivých dílů, u kterých se předpokládá výroba 3D tiskem. Objemy byly změřeny funkcí *measure volume* v softwaru *Creo Parametric 3.0*.

| Název | Tělo | Kohout | Víko | Kryt | Páka | Součet |
|--------------------------|---------|--------|--------|-------|-------|----------------|
| Objem [mm ³] | 113 438 | 3 140 | 10 706 | 9 605 | 1 216 | 138 105 |

Tabulka 6.1 – Objemy tištěných dílů

Celková hmotnost tištěných dílů tedy bude, při hustotě ABS 1045 kg/m³:

$$m = \rho \cdot V = 1045 \cdot 1,381 \cdot 10^{-4} \text{ kg} = 0,144 \text{ kg} \quad [6.1]$$

Při předpokladu hmotnosti jednoho výrobku přibližně 150 g a ceně materiálu 500 Kč/kg lze snadno určit cenu materiálu plastové díly jednoho výrobku, která by v tomto případě byla přibližně 75 Kč.



Obrázek 6.1 – 3D tiskárna Original Prusa MK2S s cívkou materiálu [24]

Dalšími náklady na výrobu budou už jen ceny normalizovaných a nakupovaných dílů. tzn. matice, pojistného kroužku a ovládacího madla a dále pak vyráběných kovových dílů – dvou čepů a jedné zkrutné pružiny. Ceny matic M6 začínají již od jedné Kč, cena za kus pojistného kroužku je přibližně 3 Kč a ovládací madlo, s jehož nákupem se počítá, stojí dle výrobce *Elesa* € 0,60, tzn. asi 15 Kč. Cena čepů se dá dle průzkumu na internetu odhadnout max. v řádech desítek Kč, pružiny v řádech jednotek Kč. Lze tedy po součtu cen všech dílů konstatovat, že celková cena za díly by neměla překročit 200 Kč.

6.3 Zhodnocení z hlediska prodejnosti výrobku v ČR a zahraničí

Aby mohl být produkt rentabilní, je podstatné, mimo jiné, zajistit pro něj dostatečný odbyt. Jen v České republice je aktivních několik desítek větších či menších biatlonových klubů, dále zde pak působí reprezentační týmy mužů, žen a také juniorské týmy. I při optimistických odhadech, kdy by většina klubů zakoupila alespoň několik výrobků, by se prodeje mohly pohybovat řádově v desítkách, maximálně stovkách kusů, což vzhledem k nákladům na vývoj a další odladění prototypů a výrobní technologie

nemusí být dostatek. Přestože biatlon není celosvětovým fenoménem, jako například fotbal (biatlon stále patří spíše k menším a méně známým sportům), tak zejména v některých evropských zemích má poměrně slušnou základnu. Jen v nejvyšší soutěži, Světovém poháru, se pohybuje až 30 národů, podobný počet i v nižší soutěži IBU Cupu, jakožto i v juniorském IBU Junior Cupu. S uvážením, že v každé této soutěži národ mívá zpravidla ženský i mužský tým, začíná být tržní potenciál znatelný. Pokud by se navíc podařilo rozšířit produkt přes kontakty v reprezentačních týmech ve Světovém poháru do jednotlivých zemí na nižší úrovni – zejména do „biatlonových velmocí“ jako jsou Norsko, Rusko či Německo, ve kterých působí až stovky klubů, bylo by pak zcela zřejmé, že při prodejkách přes 1000 ks by i počáteční investice do výše zmíněné 3D tiskárny byla velmi dobře splatná.

V případě zvýšené poptávky by pak nebyl velký problém optimalizovat plastové díly, potažmo celé zařízení pro jiné výrobní technologie vhodné pro sériovou výrobu, to by ale mělo smysl opravdu až by bylo zřejmé, že o výrobek je ve světovém biatlonu zájem.

6.4. Návrh nacenění a strategie prodeje, propagace

Vzhledem k tomu, že biatlon je docela malý sport, ve kterém se mnoho lidí zná osobně, bude nejlepší cestou propagovat produkt právě přímo prostřednictvím sportovců a jednotlivých týmů. Dostal-li by například každý reprezentační tým jeden kus výrobku na testování, dalo by se očekávat, že v případě pozitivních zkušeností by si pak další kusy zakoupil jak pro sebe, tak i pro sportovní kluby ve své zemi. Cena produktu by byla nastavena na €40 (cca 1000 Kč), která by s přehledem pokryla jak náklady na výrobu, tak na distribuci, v případě poruchy výrobku pak jeho výměnu za nový kus. Dá se předpokládat, že tato cena nebude pro týmy příliš vysoká, jelikož náklady na sportovní vybavení jsou řádově vyšší (např. pár lyží cca 13 000 Kč, puška 60 000 Kč atp.) a týmy pracují s rozpočty v řádech jednotek až nižších desítek milionů Kč.

6.5 Porovnání ceny s podobnými výrobky

Zařízení zmíněná v průzkumu trhu v kapitole č. 3 se prodávají za ceny okolo € 30, tedy nepatrně levněji, než je navržená cena výše. Je to dáno zejména tím, že tyto výrobky jsou vyráběny pro rozšířenější typy malorážních zbraní, a tak se vyrábějí ve

větších sériích. Jak bylo uvedeno v kapitole 6.3 na konci, v případě velké poptávky by se i zařízení navrhované v této práci dalo vyrábět sériově a tak i snížit jeho cenu, případně zvýšit marži.

7. Závěrečné zhodnocení

Cílem této bakalářské práce bylo navržení mechanismu pro dobíjení zásobníků biatlonové pušky *Anschütz 1827F cal. 22*. Hlavním účelem vývoje tohoto zařízení je především zrychlení a zjednodušení procesu dobíjení nábojů do zásobníků, které je v současné době prováděno výhradně ručně.

Návrhu samotného zařízení předcházela průzkum trhu, ze kterého vyplynulo, že vyvíjený produkt na trhu opravdu schází, nicméně z některých již existujících zařízení byly použity některé principy, které byly pak dále použity při návrhu konceptů v kapitole č. 4.

Nejdříve byly navrženy čtyři koncepty mechanismů, které se lišily ve způsobu doplňování nábojů do zařízení, dále pak v samotném způsobu dobíjení nábojů do zásobníku a měly i různé rozměry.

Z těchto čtyř konceptů byl vybrán koncept č. 4, jenž nejlépe vyhovoval všem parametrům, které byly hodnoceny v kapitole 4.4.

V kapitole 5 byl koncept č. 4 rozpracován do konstrukčního řešení. To znamená, že pro něj byly provedeny výpočty, resp. simulace kinematiky, namáhání a životnosti, byly navrženy všechny díly a vyhotoven 3D model celého zařízení.

Dále v kapitole 6 byl zhodnocen produkt z ekonomického hlediska, a to s ohledem na použitý materiál i na technologii jeho zpracování. Součástí ekonomického zhodnocení je i návrh nacenění produktu a systém propagace a prodeje.

Seznam obrázků

| | |
|---|----|
| Obr. 2.1 Biatlonista při střelbě..... | 13 |
| Obr. 2.2 Biatlonová puška Anschütz 1827F..... | 14 |
| Obr. 2.3 Drážkovaný vývrt hlavně..... | 14 |
| Obr. 2.4 Náboj a jeho geometrie..... | 15 |
| Obr. 2.5 Plastová mřížka pro uložení nábojů..... | 16 |
| Obr. 2.6 Manuální dobíjení zásobníků..... | 17 |
| Obr. 2.7 Manuální dobíjení zásobníků..... | 17 |
| Obr. 2.8 Schéma zásobníku..... | 18 |
| Obr. 3.1 Dobíječ Ultimate Cliploader UCL22 Mag Loader..... | 19 |
| Obr. 3.2 Zařízení Uncle Mikes 50 Round Hot Lips Loader 10/22..... | 20 |
| Obr. 4.1 Uložení nábojů v konceptu 1..... | 21 |
| Obr. 4.2 Koncept č. 1 (schéma)..... | 22 |
| Obr. 4.3 Řez částí konceptu č. 1 vedoucí náboje..... | 22 |
| Obr. 4.4 3D model konceptu č.1 | 23 |
| Obr. 4.5 Koncept č. 2 – předzásobník..... | 25 |
| Obr. 4.6 Páka dobíjení konceptu č. 2..... | 26 |
| Obr. 4.7 Páka mechanismu po zatlačení náboje do zásobníku..... | 26 |
| Obr. 4.8 Koncept 2, celkový pohled, 3D model..... | 27 |
| Obr. 4.9 Koncept 2..... | 27 |
| Obr. 4.10 Koncept č. 3, návrh drážky pro náboje..... | 29 |
| Obr. 4.11 Znázornění dobíjecího mechanismu konceptu 3..... | 30 |
| Obr. 4.12 Koncept 3, schéma..... | 31 |
| Obr. 4.13 Koncept 3, 3D model..... | 31 |

| | |
|--|----|
| Obr. 4.14 Schéma předzásobníku konceptu 4..... | 32 |
| Obr. 4.15 Dobíjecí mechanismus konceptu 4..... | 33 |
| Obr. 4.16 Koncept 4, celkový pohled..... | 33 |
| Obr. 5.1 Schéma předzásobníku..... | 37 |
| Obr. 5.2 Zkrutná pružina..... | 38 |
| Obr. 5.3 Výpočtové schéma zkrutné pružiny..... | 39 |
| Obr. 5.4 Definování pohyblivých a nepohyblivých částí v dyn. simulaci..... | 43 |
| Obr. 5.5 Výpočtové schéma zkrutné pružiny..... | 43 |
| Obr. 5.6 Časový průběh stlačování náboje..... | 44 |
| Obr. 5.7 Výsledky simulace rotace kohoutu, průběh stlačení náboje..... | 45 |
| Obr. 5.8 Silový průběh stlačování náboje, průběh točivého momentu..... | 45 |
| Obr. 5.9 Statická pevnostní analýza deformace kohoutku..... | 46 |
| Obr. 5.10 Statická pevnostní analýza napětí v kohoutku..... | 46 |
| Obr. 5.11 Finální řešení mechanismu na dobíjení zásobníku..... | 47 |
| Obr. 5.12 Kryt mechanismu..... | 48 |
| Obr. 5.13 Víčko předzásobníku..... | 48 |
| Obr. 6.1 3D tiskárna Original Prusa MK2S..... | 51 |

Použitá literatura:

- [1] Pešík, Lubomír.: Části strojů. 1. díl. Liberec, TU 2005. ISBN 80-7083-938-4
- [2] Pešík, Lubomír.: Části strojů. 2. díl. Liberec, TU 2005. ISBN 80-7083-939-2
- [3] Průša, J.: Základy 3D tisku [online]. [cit. 24.3.2018] dostupné z:
<https://www.prusa3d.cz/wp-content/uploads/zaklady-3d-tisku.pdf>
- [4] Leinverber, Jan; Vávra, Pavel. Strojnické tabulky. 4. doplněné. Úvaly: Albra pedagogické nakladatelství, 2008, ISBN 978-80-7361-051-7.
- [5] *International Biathlon Union* [online]. IBU: ©2018 [cit. 26.3.2018] dostupné z: <http://www.biathlonworld.com/about-biathlon/>
- [6] *Anschütz GmbH* [online] [cit. 25.4.2018] dostupné z: <https://jga.anschuetz-sport.com/index.php5?menu=99&sprache=1>
- [6] http://fab.cba.mit.edu/classes/S62.12/people/vernelle.noel/Plastic_Snap_fit_design.pdf
- [7] *3D Hubs* [online] [cit. 2.7. 2018] dostupné z:
<https://www.3dhubs.com/knowledge-base/how-design-snap-fit-joints-3d-printing>
- [8] Pustka, Z.: Základy konstruování (Tvorba technické dokumentace), TU 2004, ISBN 80-7083-876-0
- [9] *Nammo Lapua Oy and Nammo Schönebeck* [online] [cit. 26.6.2018] dostupné z: <http://www.lapua.com/en/ammunition/calibers/polar-biathlon>
- [10] *Tribon* [online] [cit. 3.7.2018] dostupné z:
http://www.georgefischer.cz/produkty/materialy/abs-akrylonitril_butadien_styren

Použitý software:

- [11] PTC, Creo parametric 3.0 M050
- [12] Autodesk, Autocad 2018
- [13] Autodesk, Autocad Mechanical 2018

[14] Autodesk, Inventor 2019

[15] Microsoft, Word 2016

[16] Microsoft, Excel 2016

[17] Ansys, Workbench

Zdroje obrázků

[18] Ivanov, Andrei ©2015

[19] Anschütz 1827F, [online] [cit. 5.4.2018] dostupné z:

<https://www.guns.com/reviews/anschütz-model-1827-fortner/>

[20] Drážkovaný vývrt hlavně, *1sg.sk* [online] [cit. 10.4.2018] dostupné z:

http://www.1sg.sk/www/data/01/projekty/2016_2017/idols/web_kriminalistika1/drazky.html

[21] Ultimate Cliploader UCL22 Mag Loader, *amazon.ca* [online]

[cit. 29.4.2019] dostupné z: <https://www.amazon.ca/Ulimate-Cliploader-UCL22-Mag-Loader/dp/B004UBWYWC>

[22] Uncle Mikes 50 Round Hot Lips Loader 10/22, *midwayusa.com* [online]

[cit. 29.4.2018] dostupné z:

<https://www.midwayusa.com/product/1015029690/butler-creek-magazine-loader-for-10-22-hot-lips-and-steel-lips-magazine>

[23] CNC opracování, *jvp.cz* [online] [cit. 15.5.2018] dostupné z:

<http://www.jvp.cz/cnc-opracovani-plastu.html>

[24] 3D tiskárna Original Prusa i3 MK2S, *prusa3d.com* [online] [cit. 24.5.2018]

dostupné z: https://shop.prusa3d.com/cs/3d-tiskarny/59-stavebnice-3d-tiskarny-original-prusa-i3-mk2s.html?gmc_currency=1&gclid=CjwKCAjwsdfZBRakEiwAh2z65tXU9GIZKmiY04Zx7mt9StW65JYFGeqTd829YRMVW_64QnyemCNQEB0CKPQQA vD_BwE

[25] .22 Long Rifle cartridge, *wikipedia.com* [online] [cit. 24.5. 2018] dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/.22_Long_Rifle#/media/File:22_Long_Rifle_cartridge.svg

Seznam příloh

Příloha 1 – Výkres sestavy

Příloha 2 – Výkres zkrutné pružiny

Příloha 3 – Výkres čepu páky

Příloha 4 – Výkres hlavního čepu

Příloha 5 – Výkres páky zásobníku

Příloha 6 – Výkres kohoutu dobíjení

Příloha 7 – Materiálový list ABS (Akrylonitrilbutadienstyren)